21 ИЮНЯ 1934 21 JUIN

ДОКЛАДЫ
АКАДЕМИИ НАУК СССР

IMPERIAL MYCOLOGICAL INSTITUTE 28 JULY 1934

COMPTES RENDUS
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS

TOM II—VOLUME II

№ 9

стр.

МАТЕМАТИКА

В. Д. Купрадзе. Решение краевых задач уравнений Гельмгольца в исключительных случаях 521

Н. С. Кошляков, член-корреспондент Академии Наук. О некоторых тождествах в квадратичных числовых областях 527

Л. В. Канторович. Об одном методе приближенного решения дифференциальных уравнений в частных производных 532

Я. А. Миндлин. Обобщение одного разложения Шлёмильха 537

АСТРОНОМИЯ

М. Ельяшевич. Высокие вращательные уровни молекулы воды 539

ФИЗИКА

Б. М. Вул и И. М. Гольдман. Пробой сжатого газа в неоднородном электрическом поле 542

В. Фредерикс и В. Цветков. Об ориентации молекул в тонком слое анизотропной жидкости и измерении двух констант, характеризующих их упругие свойства 548

pag.

MATHÉMATIQUES

V. Kupradze. Lösung von Randwertproblemen für Helmholtz'sche Gleichungen in den ausgenommenen Fällen . 524

N. Košliakov (Koshliakov). Some Identities in Quadratic Fields 530

L. Kantorovič (Kantorovitch). Sur une méthode de résolution approchée d'équations différentielles aux dérivées partielles 534

J. Mindlin. Généralisation d'un développement de Schlömilch 538

ASTRONOMIE

M. Eliašević. The High Rotational Levels of the Water Molecule 540

PHYSIQUE

I. Goldmann und B. Wul. Durchschlag von komprimiertem Gas im inhomogenen elektrischen Felde 545

V. Fréedericksz und V. Zvetkov. Über die Orientierung der Moleküle in dünner Schicht von anisotropen Flüssigkeiten und über die Messung zweier ihre elastischen Eigenschaften kennzeichnenden Konstanten . 552

(См. на обороте)

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
ЛЕНИНГРАД — LENINGRAD

(Продолжение)

стр.

КРИСТАЛЛОГРАФИЯ

Г. Г. Леммлейн. Экспериментальное получение вицинален на растущем кристалле 554

ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

П. Д. Данков. Исследование поверхности железа методом электронограмм 556

ХИМИЯ

Н. А. Преображенский, А. М. Полякова и В. А. Преображенский. Синтез гомопилоповых кислот 562

В. С. Садиков, В. Н. Меньшикова, Р. Г. Кристаллинская, Е. В. Линдквист-Рысакова, Е. Г. Халецкая, А. Г. Песина и Л. Н. Рубель. Каталитическое расщепление сывороточного кровяного белка посредством 3% серной кислоты 569

БИОХИМИЯ

Д. М. Михлин и З. Н. Запрудская. Синтез жира в молочной железе 573

МИКРОБИОЛОГИЯ

Н. А. Красильников. История развития почвенных микобактерий 577

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Н. А. Хлебникова и Г. В. Болондзь. К биохимическому контролю жаростойкости 584

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

Н. Н. Яковлев. О находке мурманского рода *Gymnosolen* в нижнем кембрие Восточной Сибири 589

ЗООЛОГИЯ

П. Ю. Шмидт и А. Я. Таранец. О новых южных элементах в фауне рыб северной части Японского моря . 591

Н. В. Кожанчиков. Роль энергетических процессов в куколочном развитии озимой совки *Agrotis Segetum* Schiff. и мельничной огневки *Ephestia Kühniella* Zell. 595

PAG.

KRISTALLOGRAPHIE

G. Laemmlein. Experimentelles Hervorbringen von Vizinalen auf einem in Wachstum begriffenen Kristall . . 555

PHYSIQUE CHIMIQUE

P. Dankov. Investigation of the Surface of Iron by the Electronogram Method 559

CHIMIE

N. Preobraženskij, A. Poljakova and V. Preobraženskij. The Synthesis of Homopilopic Acids 565

V. Sadikov (Ssadikow), V. Menšikova, R. Kristallinskaja, E. Lindquist-Rysakova, E. Haleckaja, A. Pesina und L. Rubel. Katalytische Spaltung von Serumalbumin mittels 3%-iger Schwefelsäure 571

BIOCHIMIE

D. Michlin und Z. Zaprudskaja. Synthese des Fetts in der Milchdrüse 576

MICROBIOLOGIE

N. Krasilnikov. Die Entwicklungsgeschichte der Bodenmykobakterien . . . 580

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE

N. Chlebnikova and G. V. Bolondz. On Biochemical Control of Heat Resistance 586

PALÉONTOLOGIE

N. Jakovlev. Sur un échantillon du genre *Gymnosolen* trouvé dans le Cambrien inférieur de la Sibérie Orientale . . 590

ZOOLOGIE

P. Schmidt and A. Taranec. On the New Southern Elements in the Ichthyofauna of the Northen Part of the Sea of Japan 593

I. Kožančikov. Die Rolle des Energieumsatzes während der Puppenmetamorphose von *Agrotis Segetum* Schiff. und *Ephestia Kühniella* Zell. 599

Доклады Академии Наук СССР 1934
Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de l'URSS

МАТЕМАТИКА

В. Д. КУПРАДЗЕ

РЕШЕНИЕ КРАЕВЫХ ЗАДАЧ УРАВНЕНИЙ ГЕЛЬМГОЛЬЦА В ИСКЛЮЧИТЕЛЬНЫХ СЛУЧАЯХ

(*Представлено академиком А. Н. Крыловым 29 V 1934*)

В заметках „Интегральные уравнения для электромагнитных волн" и „Теоремы существования и единственности в теории дифракции", напечатанных в ДАН, 1934, т. I, №№ 4 и 5, мною было показано, что

1) Задача об отыскании решения колебательного уравнения

$$\Delta u + k^2 u = 0,$$

удовлетворяющего на бесконечности принципу излучения и на контуре (γ)* условию $au_e + bu_i = \omega(s)$, приводится к рассмотрению интегральных уравнений:

$$\mu(\sigma) - \int_0^l \mu(s) K(s, \sigma, k)\, ds = -\omega(\sigma) \qquad [\mathrm{qD_i}]$$

(внутренняя задача),

$$\mu(\sigma) + \int_0^l \mu(s) K(s, \sigma, k)\, ds = +\omega(\sigma) \qquad [\mathrm{qD_e}]$$

(внешняя задача), где $\mu(\sigma)$ искомая непрерывная вдоль (γ) функция;

$$K(s, \sigma, k) = \frac{1}{2i} \frac{\partial}{\partial n_s} H_0^{(2)}(kr);$$

n_s — направление внешней нормали в точке s на γ;

$$r = \sqrt{[\xi(s) - \xi(\sigma)]^2 + [\eta(s) - \eta(\sigma)]^2}.$$

2) Задача с контурными условиями вида

$$a\left(\frac{\partial u}{\partial n}\right)_e + b\left(\frac{\partial u}{\partial n}\right)_i = \tau(s)$$

приводится к уравнениям:

$$\nu(\sigma) + \int_0^l \nu(s) K(\sigma, s, k)\, ds = \tau(\sigma) \qquad [\mathrm{qN_i}]$$

(внутренняя задача),

$$\nu(\sigma) - \int_0^l \nu(s) K(\sigma, s, k) = -\tau(\sigma) \qquad [\mathrm{qN_e}]$$

(внешняя задача).

* γ — непрерывная замкнутая кривая, без угловых точек: $x = \xi(s)$, $y = \eta(s)$; $0 \leqslant s \leqslant l$.

В этих же заметках было доказано, что если k отлично от характеристических чисел задач

$$\Delta u + k^2 u = 0 \left[\frac{\partial u}{\partial n_i}\right]_\gamma = 0 \qquad [*]$$

и

$$\Delta u + k^2 u = 0, \quad [u_i]_\gamma = 0, \qquad \left[\begin{matrix}**\end{matrix}\right]$$

то соответственно уравнения $[qD_e]$ и $[qN_e]$ имеют единственные непрерывные решения, которые находятся при помощи резольвенты Фредгольма. Таким образом, задачи о диффракции падающих возмущений с частотами (k), отличными от характеристических, решена полностью. В настоящей заметке я даю решение задачи в случае характеристических частот, которое из общей теории не могло быть получено.

Пусть $k = k^*$ есть n-кратное характеристическое число задачи $[*]$. В этом случае однородные союзные интегральные уравнения

$$\nu(\sigma) + \int_0^l \nu(s)\, K(\sigma, s, k^*)\, ds = 0,$$

$$\mu(\sigma) + \int_0^l \mu(s)\, K(s, \sigma, k^*)\, ds = 0$$

имеют n линейно независимых решений $\nu_j^{(0)}$ и $\mu_j^{(0)}$ $(j = 1, 2, \ldots, n)$, которые мы, не ограничивая общности, можем считать биортогональными и нормированными.

Решения задачи $[*]$ могут быть представлены в виде:

$$\omega_k(x, y) = \frac{1}{2i} \int_0^l \nu_k^{(0)}(s)\, H_0^{(2)}(k^* r)\, ds, \qquad (k = 1, 2, \ldots, n)$$

и предельные значения этих функций выражаются линейным образом через $\mu_j^{(0)}$. Пусть d_{jk} матрица этого линейного преобразования.

Вводя постоянные

$$a_j = \int_0^l \omega(s)\, \nu_j^{(0)}(s)\, ds,$$

составим вместо $[qD_e]$ неоднородное уравнение:

$$\overline{\mu(\sigma)} + \int_0^l \overline{\mu(s)}\, K(s, \sigma, k^*)\, ds = \omega(\sigma) - \sum_{j=1}^n a_j \mu_j^{(0)}(\sigma),$$

имеющее решения. При этом искомое решение уравнения $\Delta u + k^{*2} u = 0$ с краевым условием $[u_e]_\gamma = \omega(s)$, удовлетворяющее на бесконечности условию излучения, будет:

$$u(x, y) = \overline{u(x, y)} + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n a_j d_{jk}\, \omega_k(x, y),$$

где

$$\overline{u(x, y)} = \frac{1}{2i} \int_0^l \frac{\partial}{\partial n_s} H_0^{(2)}(k^* r)\, \overline{\mu(s)}\, ds,$$

и $\overline{\mu(s)}$ любое решение написанного выше уравнения. Расстояние r определяется формулой:

$$r = \sqrt{[x-\xi(s)]^2 + [y-\eta(s)]^2}.$$

Если $k = k_*^*$ есть m-кратное характеристическое число задачи $[{}_*^*]$, то решение уравнения $\Delta v + k_*^{*2} v = 0$ с краевым условием $\left(\frac{\partial v}{\partial n_e}\right)_\gamma = \tau(s)$, удовлетворяющее на бесконечности условию излучения, будет иметь аналогичный вид:

$$v(x, y) = \overline{v(x, y)} - \sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{m} b_j r_{jk} \tau_k(x, y),$$

где

$$\overline{v(x, y)} = \frac{1}{2i}\int_0^l H_0^2(k_*^* r)\,\overline{\nu(s)}\,ds,$$

$\overline{\nu(s)}$ есть любое решение уравнения:

$$\overline{\nu(\sigma)} - \int_0^l \overline{\nu(s)}\,K(\sigma, s, k_*^*)\,ds = -\tau(\sigma) + \sum_{j=1}^{m} b_j \nu_j^{(1)}(\sigma),$$

$\nu_j^{(1)}$ и $\mu_j^{(1)}$ биортогональные решения уравнений:

$$\nu(\sigma) - \int_0^l \nu(s)\,K(\sigma, s, k_*^*)\,ds = 0,$$

$$\mu(\sigma) - \int_0^l \mu(s)\,K(s, \sigma, k_*^*)\,ds = 0,$$

b_j и τ_k определяются формулами:

$$b_j = \int_0^l \tau(\sigma)\,\mu_j^{(1)}(\sigma)\,d\sigma,$$

$$\tau_k(x, y) = \frac{1}{2i}\int_0^l \mu_k^{(1)}(s)\,\frac{\partial}{\partial n_s} H_0^{(2)}(k_*^* r)\,ds,$$

и постоянные r_{ik} определяются аналогично предыдущему.

Физико-математический институт
Академии Наук им. В. А. Стеклова.
Ленинград.

Поступило
29 V 1934.

LÖSUNG VON RANDWERTPROBLEMEN FÜR HELMHOLTZ'SCHE GLEICHUNGEN IN DEN AUSGENOMMENEN FÄLLEN

Von V. KUPRADZE

(*Vorgelegt von A. Krylov, Mitglied der Akademie, d. 29. V. 1934*)

In meinen Notizen „Integralgleichungen für elektromagnetische Wellen" und „Existenzbeweis und Eindeutigkeitstheorem in der Diffraktionstheorie (C. R. de l'Acad. d. Sci. de l'URSS, 1934, Bd. I, №№ 4, 5) wurde der Beweis erbracht, dass

1) Das Problem des Aufsuchens der Lösung der Schwingungsgleichung $\Delta u + k^2 u = 0$, welche in der Unendlichkeit dem Austrahlungsprinzip und auf dem Kontur γ^* der Bedingung $au_e + bu_i = \omega(s)$ genügt, sich auf die Betrachtung der Integralgleichungen

$$\mu(\sigma) - \int_0^l \mu(s) K(s, \sigma, k)\, ds = -\omega\sigma \qquad [\mathrm{qD_i}]$$

(inneres Problem),

$$\mu(\sigma) + \int_0^l \mu(s) K(s, \sigma, k)\, ds = +\omega(s) \qquad [\mathrm{qD_e}]$$

(äusseres Problem) zurückführen lässt, wo $\mu(\sigma)$ die gesuchte längs (γ) kontinuierliche Funktion ist;

$$K(s, \sigma, k) = \frac{1}{2i} \frac{\partial}{\partial n_s} H_0^{(2)}(kr);$$

n_s — die Richtung der äusseren Normalen zu γ im Punkte s;

$$r = \sqrt{[\xi(s) - \xi(\sigma)]^2 + [\eta(s) - n(\sigma)]^2}.$$

2) Das gleichartige Problem mit Konturbedingung von der Form

$$a\left(\frac{\partial u}{\partial n}\right)_e + b\left(\frac{\partial u}{\partial n}\right)_i = \tau(s)$$

in analoger Weise auf die Gleichungen

$$\nu(\sigma) + \int_0^l \nu(s) K(\sigma, s, k)\, ds = \tau(\sigma) \qquad [\mathrm{qN_i}]$$

(inneres Problem),

$$\nu(\sigma) - \int_0^l \nu(s) K(\sigma, s, k)\, ds = -\tau(\sigma) \qquad [\mathrm{qN_e}]$$

(äusseres Problem) sich zurückführt.

* γ ist eine kontinuierliche geschlossene Kurve, ohne Eckpunkte: $x = \xi(s)$, $y = \eta(s)$; $0 \leqslant s \leqslant l$.

In denselben Notizen wurde bewiesen, dass, wenn k von den charakteristischen Zahlen der Probleme

$$\Delta u + k^2 u = 0 \left[\frac{\partial u}{\partial n_i}\right]_\gamma = 0 \qquad [*]$$

und

$$\Delta u + k^2 u = 0 \, [u_i]_\gamma = 0 \qquad \begin{bmatrix} * \\ * \end{bmatrix}$$

sich unterscheidet, dann entsprechenderweise die Gleichungen $[qD_e]$ bezw. $[qN_e]$ eindeutige kontinuierliche Lösungen besitzen, welche mit Hilfe der Fredholm'schen Resolvente sich auffinden lassen. So ist denn das Problem der Beugungserscheinungen von auffallenden Perturbationen mit von den charakteristischen verschiedenen Frequenzen (k) vollständig gelöst. In vorliegender Notiz gebe ich die Lösung der Aufgabe für den Fall der charakteristicshen Frequenzen, welche aus der allgemeinen Theorie nicht gefolgert werden konnte.

Es sei $k = k^*$ eine n-fache charakteristische Zahl des Problems $[*]$. In diesem Falle besitzen die homogenen konjugierten Integralgleichungen

$$\nu(\sigma) + \int_0^l \nu(s) K(\sigma, s, k^*) \, ds = 0,$$

$$\mu(\sigma) + \int_0^l \mu(s) K(s, \sigma, k^*) \, ds = 0$$

n linear unabhängige Lösungen $\nu_j^{(0)}$ und $\mu_j^{(0)}$ $(j = 1, 2, \ldots, n)$, welche wir ohne die Allgemeinheit zu beeinträchtigen, für biorthogonal und normiert halten können. Die Lösungen von $[*]$ lassen sich in der Form

$$\omega_k(x, y) = \frac{1}{2i} \int_0^l \nu_k^{(0)}(s) H_0^{(2)}(k^* r) \, ds \qquad (k = 1, 2, \ldots, n)$$

darstellen und zwar lassen sich die Grenzwerte dieser Funktionen auf lineare Weise durch die $\mu_j^{(0)}$ ausdrücken. Es sei d_{jk} die Matrix dieser linearen Transformation. Indem wir die Konstanten

$$a_j = \int_0^l \omega(s) \nu_j^{(0)}(s) \, ds$$

einführen, bilden wir anstelle von $[qD_e]$ die inhomogene Gleichung

$$\overline{\mu(\sigma)} + \int_0^l \overline{\mu(s)} K(s, \sigma, k^*) \, ds = \omega(\sigma) - \sum_{j=1}^n a_j \mu_j^{(0)}(\sigma),$$

welche Lösungen besitzt. Dabei wird die gesuchte Lösung von Gleichung

$$\Delta u + k^{*2} u = 0$$

mit Randbedingung $[u_e]_\gamma = \omega(s)$, welche im Unendlichen dem Ausstrahlungsprinzip genügt, sich folgendermassen gestalten:

$$u(x, y) = \overline{u(x, y)} + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n a_j d_{jk} \omega_k(x, y),$$

wo

$$\overline{u(x, y)} = \frac{1}{2i} \int_0^l \frac{\partial}{\partial n_s} H_0^{(2)}(k^* r)\, \overline{\mu(s)}\, ds,$$

und $\overline{\mu(s)}$ — eine beliebige Lösung der obenstehenden Gleichung ist. Die Entfernung r drückt sich aus durch

$$r = \sqrt{[x - \xi(s)]^2 + [y - \eta(s)]^2}.$$

Wenn $k = k_*^*$ eine m-fache charakteristische Zahl von Problem $[{}_*^*]$ ist, so nimmt die Lösung von Gleichung $\Delta v + k_*^{*2} v = 0$ mit Randbedingung

$$\left(\frac{\partial v}{\partial n_e}\right)_\gamma = \tau(s),$$

welche im Unendlichen dem Ausstrahlungsprinzip genügt, eine der vorigen analoge Form an:

$$v(x, y) = \overline{v(x, y)} - \sum_{j=1}^{m} \sum_{k=1}^{m} b_j r_{jk} \pi_k(x, y),$$

wo

$$\overline{v(x, y)} = \frac{1}{2i} \int_0^l H_0^{(2)}(k_*^* r)\, \overline{\nu(s)}\, ds,$$

$\overline{\nu(s)}$ eine beliebige Lösung der Gleichung

$$\overline{\nu(\sigma)} - \int_0^l \overline{\nu(s)}\, K(\sigma, s, k_*^*)\, ds = -\tau(\sigma) + \sum_{j=1}^{m} b_j \nu_j^{(1)}(\sigma)$$

ist, $\nu_j^{(1)}$ und $\mu_j^{(1)}$ biorthogonale Lösungen der Gleichungen

$$\nu(\sigma) - \int_0^l \nu(s)\, K(\sigma, s, k_*^*)\, ds = 0,$$

$$\mu(\sigma) - \int_0^l \mu(s)\, K(s, \sigma, k_*^*)\, ds = 0$$

sind, b_j und π_k durch die Formeln

$$b_j = \int_0^l \tau(\sigma)\, \mu_j^{(1)}(\sigma)\, d\sigma,$$

$$\pi_k(x, y) = \frac{1}{2i} \int_0^l \mu_k^{(1)}(s) \frac{\partial}{\partial n_s} H_0^{(2)}(k_*^* r)\, ds$$

wiedergegeben werden und die Konstanten r_{ik} ähnlich wie vorher zu bestimmen sind.

Stekloff'sches physikalisch-mathematisches
Institut der Akademie der Wissenschaften.
Leningrad.

Eingegangen
d. 29.V.1934.

Н. С. КОШЛЯКОВ

член-корреспондент Академии Наук

О НЕКОТОРЫХ ТОЖДЕСТВАХ В КВАДРАТИЧНЫХ ЧИСЛОВЫХ ОБЛАСТЯХ

Пусть арифметическая функция a_n удовлетворяет условию

$$|a_n| = O(n^{\xi}),$$

где ξ — сколь угодно малое положительное число. Рассмотрим две функции $\varphi(s)$ и $\psi(s)$ комплексной переменной $s = \tau + it$, разлагающиеся при $\tau > 1$ в абсолютно сходящиеся ряды Дирихле

$$\varphi(s) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_n}{\lambda_n^s}; \quad \psi(s) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{b_n}{\mu_n^s} \qquad [1]$$

и связанные между собою функциональным уравнением:

$$A^s \Gamma^{r_1}\left(\frac{s}{2}\right) \Gamma^{r_2}(s)\, \varphi(s) = A^{1-s} \Gamma^{r_1}\left(\frac{1-s}{2}\right) \Gamma^{r_2}(1-s)\, \psi(1-s). \qquad [2]$$

Здесь через A обозначено постоянное положительное число, а для чисел r_1 и r_2 возможны следующие комбинации: 1) $r_1 = 1$, $r_2 = 0$; 2) $r_1 = 0$, $r_2 = 1$; 3) $r_1 = 2$, $r_2 = 0$.

Если ввести в рассмотрение две функции

$$\sigma(x) = \frac{1}{A\pi} \sum_{n=1}^{\infty} b_n K_{r_1, r_2}\left(\frac{\mu_n x}{A^2}\right); \quad \tau(x) = \frac{1}{A\pi} \sum_{n=1}^{\infty} a_n K_{r_1, r_2}\left(\frac{\lambda_n x}{A^2}\right), \qquad [3]$$

где через $K_{r_1, r_2}(x)$ обозначено решение интегралького уравнения

$$\int_0^{\infty} K_{r_1, r_2}(x)\, x^{s-1}\, dx = \frac{\pi}{2\cos\frac{\pi s}{2}} \frac{\Gamma^{r_1}\left(\frac{s}{2}\right) \Gamma^{r_2}(s)}{\Gamma^{r_1}\left(\frac{1-s}{2}\right) \Gamma^{r_2}(1-s)}, \quad R(s) > 0, \qquad [4]$$

то можно указать на ряд замечательных свойств этих функций.

1-е свойство. Функции $\sigma(x)$ и $\tau(x)$ разлагаются на рациональные дроби по формулам

$$\sigma(x) = \frac{2^{r_1-1} \psi^{(r)}(0)}{A\sqrt{\pi^{r_1}}} - \frac{\varphi(0)}{\pi} \frac{1}{x} + \frac{x}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_n}{x^2 + \lambda_n^2}; \qquad [5]$$

$$\tau(x) = \frac{2^{r_1-1} \varphi^{(r)}(0)}{A\sqrt{\pi^{r_1}}} - \frac{\psi(0)}{\pi} \frac{1}{x} + \frac{x}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{b_n}{x^2 + \mu_n^2}, \qquad [6]$$

где $r = r_1 + r_2 - 1$, $\psi^{(0)}(0) = \psi(0)$, $\psi^{(1)}(0) = \psi'(s)|_{s=0}$.

2-е свойство. При $R(s)<0$ имеют место формулы:

$$\varphi(s)=2\sin\frac{\pi s}{2}\int_0^\infty \frac{\sigma(x)}{x^s}\,dx;\quad \psi(s)=2\sin\frac{\pi s}{2}\int_0^\infty \frac{\tau(x)}{x^s}\,dx. \tag{7}$$

3-е свойство. При $\rho>0$ справедлива формула преобразования:

$$\sqrt{\rho}\left\{2^{r_1}\varphi^{(r)}(0)-\sum_{n=1}^{\infty}a_n X_{r_1,r_2}\left(\frac{\lambda_n\rho}{A}\right)\right\}=\sqrt{\frac{1}{\rho}}\left\{2^{r_1}\psi^{(r)}(0)-\right.$$
$$\left.-\sum_{n=1}^{\infty}b_n X_{r_1,r_2}\left(\frac{\mu_n}{A\rho}\right)\right\}, \tag{8}$$

где через $X_{r_1,r_2}(x)$ обозначено решение интегрального уравнения

$$\int_0^\infty X_{r_1,r_2}(x)\,x^{s-1}\,dx=\Gamma^{r_1}\left(\frac{s}{2}\right)\Gamma^{r_2}(s),\qquad R(s)>0. \tag{9}$$

4-е свойство. Если $a>0$, то имеют место интегральные соотношения:

$$\int_0^\infty \frac{K_{r_1,r_2}\left(-\frac{aix}{A^2}\right)-K_{r_1,r_2}\left(\frac{aix}{A^2}\right)}{2i}\left\{\sigma(x)+\frac{\varphi(0)}{\pi}\frac{1}{x}\right\}dx=\frac{A\pi}{2}\left\{\tau(a)+\frac{\psi(0)}{\pi}\frac{1}{a}\right\}; \tag{10}$$

$$\int_0^\infty \frac{K_{r_1,r_2}\left(-\frac{aix}{A^2}\right)-K_{r_1,r_2}\left(\frac{aix}{A^2}\right)}{2i}\left\{\tau(x)+\frac{\psi(0)}{\pi}\frac{1}{x}\right\}dx=\frac{A\pi}{2}\left\{\sigma(a)+\frac{\varphi(0)}{\pi}\frac{1}{a}\right\}. \tag{11}$$

5-е свойство. Если $ab=\frac{1}{A^2}$, то справедливо тождество:

$$\sqrt{a^3}\int_0^\infty x\,Y_{r_1,r_2}(ax)\left\{\sigma(x)+\frac{\varphi(0)}{\pi}\frac{1}{x}\right\}dx=\sqrt{b^3}\int_0^\infty x\,Y_{r_1,r_2}(bx)\left\{\tau(x)+\frac{\psi(0)}{\pi}\frac{1}{x}\right\}dx, \tag{12}$$

где через $Y_{r_1,r_2}(x)$ обозначено решение интегрального уравнения

$$\int_0^\infty Y_{r_1,r_2}(x)\,x^{s-1}\,dx=\frac{\pi}{2\sin\frac{\pi s}{2}\cdot\Gamma^{r_1}\left(1-\frac{s}{2}\right)\Gamma^{r_2}(2-s)}, \tag{13}$$
$$0<R(s)<1+\frac{1+r_2}{|1-r_1|\cdot(r_1-2r_2)}.$$

6-е свойство. Если $ab=\frac{1}{A^2}$, $\varepsilon=e^{-\frac{i\pi}{4}}$, $\bar{\varepsilon}=e^{\frac{i\pi}{4}}$ и

$$\Phi(a)=\int_0^\infty \frac{Y_{r_1,r_2}(\bar{\varepsilon}a\sqrt{x})+Y_{r_1,r_2}(\varepsilon a\sqrt{x})}{2}\sigma(\sqrt{x})\,dx; \qquad [14]$$

$$\Psi(a)=\int_0^\infty \frac{Y_{r_1,r_2}(\bar{\varepsilon}a\sqrt{x})-Y_{r_1,r_2}(\varepsilon a\sqrt{x})}{2i}\sigma(\sqrt{x})\,dx-\frac{\psi(0)}{A\sqrt{\pi^{r_1}}}; \qquad [15]$$

$$X(a)=\int_0^\infty \frac{Y_{r_1,r_2}(\bar{\varepsilon}a\sqrt{x})+Y_{r_1,r_2}(\varepsilon a\sqrt{x})}{2}\tau(\sqrt{x})\,dx; \qquad [16]$$

$$\Omega(a)=\int_0^\infty \frac{Y_{r_1,r_2}(\bar{\varepsilon}a\sqrt{x})-Y_{r_1,r_2}(\varepsilon a\sqrt{x})}{2i}\tau(\sqrt{x})\,dx-\frac{\varphi(0)}{A\sqrt{\pi^{r_1}}}, \qquad [17]$$

то имеют место соотношения:

$$\Psi(a)-\Phi(a)=\sqrt{\frac{2b^3}{a^3}}X(b); \qquad [18]$$

$$\Psi(a)+\Phi(a)=\sqrt{\frac{2b^3}{a^3}}\Omega(b). \qquad [19]$$

7-е свойство. Если m обозначает целое число, то

$$\sum_{n=1}^\infty a_n\lambda_n^{4m+1}\sigma(\lambda_n)=\frac{2^{r_1-1}A^{8m+2}}{\sqrt{\pi^{r_1}}}\frac{\psi(4m+2)}{G(4m+2)},\quad m>0, \qquad [20]$$

$$\sum_{n=1}^\infty a_n\lambda_n\sigma(\lambda_n)=\frac{2^{r_1-1}A^2}{\sqrt{\pi^{r_1}}}\frac{\psi(2)}{G(2)}-\frac{\varphi^2(0)}{2\pi}, \qquad [21]$$

где ради краткости положено:

$$G(s)=\frac{\Gamma^{r_1}\left(\frac{1-s}{2}\right)\Gamma^{r_2}(1-s)}{\Gamma^{r_1}\left(\frac{s}{2}\right)\Gamma^{r_2}(s)}. \qquad [22]$$

Аналогичные формулы имеют место и для суммы

$$\sum_{n=1}^\infty b_n\mu_n^{4m+1}\tau(\mu_n).$$

Если рассматривать рациональное или квадратичное поле с основным дискриминантом Δ, то, обозначая через r_1 число вещественных чисел поля, а через r_2 — число мнимых чисел, будем иметь:

$$A=\frac{\sqrt{|\Delta|}}{2^{r_2}\cdot\pi^{\chi/2}},\quad \chi=r_1+2r_2. \qquad [23]$$

Для рационального поля ($r_1=1$, $r_2=0$) интегральные уравнения [4], [9] и [13] имеют решения

$$X_{1,0}(x)=2e^{-x^2};\quad Y_{1,0}(x)=e^{-x^2};\quad K_{1,0}(x)=\sqrt{\pi}\,e^{-2x},\qquad [24]$$

и положив

$$\varphi(s)=\psi(s)=\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n^s}=\zeta(s),\qquad [25]$$

будем иметь:

$$\sigma(x)=\tau(x)=\frac{1}{e^{2\pi x}-1}.$$

В этом случае последние три свойства дают тождества Ramanujan'a. Для мнимого квадратичного поля ($r_1=0$, $r_2=1$) уравнения [4], [9] и [13] имеют решения:

$$X_{0,1}(x)=e^{-x};\quad Y_{0,1}(x)=\frac{\sin x}{x};\quad K_{0,1}(x)=\frac{K_0(2\varepsilon\sqrt{x})-K_0(2\varepsilon\sqrt{x})}{i},\qquad [26]$$

где через $K_0(x)$ обозначена функция Макдональда.

Положив

$$\varphi(s)=\psi(s)=\sum_{a}\frac{1}{Na^s}=\sum_{n=1}^{\infty}\frac{F(n)}{n^s}=\zeta_2(s),\qquad [27]$$

где $F(n)=\sum_{d/n}(\Delta,d)$ [(Δ, d) — символ Дедекинда], будем иметь $\zeta_2(0)\neq 0$.

Для вещественного квадратичного поля ($r_1=2$, $r_2=0$) соответствующие интегральные уравнения имеют решения:

$$X_{2,0}(x)=4K_0(2x);\quad Y_{2,0}(x)=J_0(2x);\quad K_{2,0}(x)=2\pi\left\{K_0(4\varepsilon\sqrt{x})+\right.$$
$$\left.+K_0\left(4\bar{\varepsilon}\sqrt{x}\right)\right\}.\qquad [28]$$

Физико-математический институт
Академии Наук им. В. А. Стеклова.
Ленинград.

Поступило
27 IV 1934.

MATHEMATICS

SOME IDENTITIES IN QUADRATIC FIELDS

By N. KOŠLIAKOV (N. KOSHLIAKOV)

Corresponding Member of the Academy

SUMMARY

In the present paper we consider two analytic functions

$$\varphi(s)=\sum_{n=1}^{\infty}\frac{a_n}{\lambda_n^s},\qquad \psi(s)=\sum_{n=1}^{\infty}\frac{b_n}{\mu_n^s},\qquad R(s)>0\qquad [1]$$

satisfying the condition

$$A^s \Gamma^{r_1}\left(\frac{s}{2}\right) \Gamma^{r_2}(s)\, \varphi(s) = A^{1-s} \Gamma^{r_1}\left(\frac{1-s}{2}\right) \Gamma^{r_2}(s)\, \psi(s), \qquad [2]$$

where

$$r_1 = 1,\ r_2 = 0; \quad r_1 = 0,\ r_2 = 1; \quad r_1 = 2,\ r_2 = 0. \qquad [3]$$

Together with the functions $\varphi(s)$ and $\psi(s)$ we consider the functions

$$\sigma(z) = \frac{1}{A\pi} \sum_{n=1}^{\infty} b_n K_{r_1, r_2}\left(\frac{\mu_n z}{A^2}\right), \quad \tau(z) = \frac{1}{A\pi} \sum_{n=1}^{\infty} a_n K_{r_1, r_2}\left(\frac{\lambda_n z}{A^2}\right), \qquad [4]$$

where $K_{r_1, r_2}(x)$ is the solution of the integral equation

$$\int_0^{\infty} K_{r_1, r_2}(x)\, x^{s-1}\, dx = \frac{\pi}{2\cos\frac{\pi s}{2}} \frac{\Gamma^{r_1}\left(\frac{s}{2}\right) \Gamma^{r_2}(s)}{\Gamma^{r_1}\left(\frac{1-s}{2}\right) \Gamma^{r_2}(1-s)}, \quad R(s) > 0. \qquad [5]$$

The class of functions $\sigma(z)$ and $\tau(z)$ has some common properties, the study of which is the aim of the present paper. For example, we have the formula $\left(ab = \frac{1}{A^2}\right)$:

$$\sqrt{a^3} \int_0^{\infty} x\, Y_{r_1, r_2}(ax) \left\{\sigma(x) + \frac{\varphi(0)}{\pi} \frac{1}{x}\right\} dx = \sqrt{b^3} \int_0^{\infty} x\, Y_{r_1, r_2}(bx) \left\{\tau(x) + \frac{\psi(0)}{\pi} \frac{1}{x}\right\} dx, \qquad [6]$$

where $Y_{r_1, r_2}(x)$ is the solution of the integral equation:

$$\int_0^{\infty} Y_{r_1, r_2}(x)\, x^{s-1}\, dx = \frac{\pi}{2\sin\frac{\pi s}{2}\, \Gamma^{r_1}\left(1-\frac{s}{2}\right) \Gamma^{r_2}\left(2-s\right)},$$

$$0 < R(s) < 1 + \frac{1 + r_2}{|1 - r_1| \cdot (r_1 + 2r_2)}. \qquad [7]$$

In the cases of rational and quadratic fields, we have

$$r_1 = 1,\ r_2 = 0; \quad X_{1,0}(x) = 2e^{-x^2},\ Y_{1,0}(x) = e^{-x^2};$$

$$r_1 = 0,\ r_2 = 1; \quad X_{0,1}(x) = e^{-x},\ Y_{0,1}(x) = \frac{\sin x}{x};$$

$$r_1 = 2,\ r_2 = 0; \quad X_{2,0} = 4K_0(2x); \quad Y_{2,0}(x) = J_0(2x),$$

where $J_0(x)$ and $K(x)$ denote respectively Bessel's and Macdonald's cylindric functions.

V. Stekloff Physico-Mathematical Institute
of the Academy of Sciences. Leningrad.

Received
27. IV. 1934.

МАТЕМАТИКА

Л. В. КАНТОРОВИЧ

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ПРИБЛИЖЕННОГО РЕШЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ

(*Представлено академиком С. Н. Бернштейном 4 V 1934*)

Известный метод Ритца приближенного решения дифференциальных уравнений, обыкновенных и в частных производных, состоит в следующем. Неизвестную функцию ищут в виде определенного выражения, удовлетворяющего граничным условиям и в состав которого входят неизвестные параметры. Затем подставляют это выражение в интеграл соответствующий данному дифференциальному уравнению (т. е. для которого данное уравнение есть уравнение Эйлера-Лагранжа) и подбирают параметры так, чтобы интеграл получил минимальное значение. В моей статье, опубликованной в 1933 г. в ДАН № 5 было дано некоторое развитие метода Ритца, именно в изложенном там методе для искомой функции составлялось интерполяционное выражение так, чтобы оно обращалось в произвольные функции на некоторых прямых, и далее минимизировался интеграл, в который было подставлено это выражение. Тогда уравнение в частных производных оказывалось приближенно замененным на систему обыкновенных дифференциальных уравнений. И метод Ритца и последний упомянутый метод требует значительного труда при своем применении, связанного главным образом с вычислением получающихся интегралов. Кроме того по отношению к уравнениям в частных производных оба метода применимы непосредственно только к уравнениям эллиптического типа.

Здесь я хочу указать некоторый весьма простой новый метод приближенного решения уравнений в частных производных, представляющий известное видоизменение предыдущего. Сущность метода можно кратко сформулировать так:

Для решения данной граничной задачи задаемся определенным видом для искомой функции u, содержащим в своем составе произвольные параметры и функции. Подставляем это выражение в данное дифференциальное уравнение и требуем, чтобы оно было удовлетворено в некоторых точках или на некоторых линиях. Полученные уравнения (алгебраические или дифференциальные) вместе с дополнительными условиями, обеспечивающими точное или приближенное удовлетворение граничных условий, дают возможность определить входящие в выражение u параметры и функции. После того как они определены, получаем приближенное значение искомой функции.

В таком общем виде этот метод пригоден для решения самых разнообразных граничных задач для всех типов уравнений. Чтобы дать дальнейшие детали остановимся на более конкретной задаче.

Пусть требуется решить линейное уравнение второго порядка:

$$L(u(x, t)) = 0$$

при условиях:

$$u = 0 \quad \text{при} \quad x = -b; \quad x = b,$$
$$u = f(x); \ \frac{\partial u}{\partial t} = f_1(x) \quad \text{при} \quad t = 0.$$

Ищем тогда решение в виде

$$u(x, t) = (b^2 - x^2)(\varphi_0(t) + \varphi_1(t) \cdot x + \varphi_2(t) x^2 + \ldots + \varphi_n(t) \cdot x^n);$$

здесь $\varphi_0(t)$, $\varphi_1(t)$, $\ldots$, $\varphi_n(t)$ пока произвольные функции t. Заметим, что вместо степеней x^i можно было бы взять какие либо другие функции переменной x. Теперь для того, чтобы $u(x, t)$ было бы точным решением, достаточно, чтобы

$$\int_{-b}^{b} \{L(u(x, t))\}^2 dx \equiv 0.$$

Этот интеграл может быть с наибольшей точностью заменен приближенно на сумму по формуле Гаусса. Для того, чтобы это приближенное выражение равнялось тождественно нулю, достаточно приравнять нулю ординаты Гаусса. Таким образом приходим к следующей системе дифференциальных уравнений относительно функций $\varphi_i(t)$:

$$L[u(x_i, t)] = 0, \qquad [i = 0, 1, \ldots, n]$$

где x_i абсциссы Гаусса для промежутка $(-b, b)$. Начальные условия для функций $\varphi_0(t)$, $\varphi_1(t)$, $\ldots$, $\varphi_n(t)$ получаем из начальных условий для u, требуя их удовлетворения при $x = x_i$:

$$\begin{aligned} &(b^2 - x_i^2)(\varphi_0(0) + \varphi_1(0) \cdot x_i + \ldots + \varphi_n(0) \cdot x_i^n) = f(x_i), \\ &(b^2 - x_i^2)(\varphi_0'(0) + \varphi_1'(0) x_1 + \ldots + \varphi_n'(0) \cdot x_i^n) = f_1(x_i). \end{aligned} \qquad i = 0, 1, \ldots, n$$

Пример. Рассмотрим задачу Дирихле для уравнения Пуассона $\Delta u = -1$ при нулевых граничных условиях для прямоугольника со сторонами $2a$ и $2b$.

Решение ищем в виде

$$u = (y^2 - b^2)\varphi(x),$$

содержащем одну неизвестную функцию. Подставляя u в уравнение $\Delta u = -1$, находим:

$$(y^2 - b^2)\varphi'' + 2\varphi = -1.$$

В виду симметричности условий вместо промежутка $(-b, b)$ здесь можно рассмотреть $(0, b)$, а для него одна точка Гаусса есть $y = \frac{b}{2}$. Полагая поэтому $y = \frac{b}{2}$ получим для определения φ уравнение:

$$-\frac{3}{4} b^2 \varphi'' + 2\varphi = -1.$$

Решая это уравнение при условии $\varphi(a) = \varphi(-a) = 0$, найдем:

$$\varphi = \frac{\operatorname{Ch} \sqrt{\frac{8}{3}} \frac{x}{b}}{2 \operatorname{Ch} \sqrt{\frac{8}{3}} \frac{a}{b}} - \frac{1}{2}.$$

Откуда окончательно

$$u \simeq (b^2 - y^2)\left(\frac{\operatorname{Ch} \sqrt{\frac{8}{3}} \frac{x}{b}}{2 \operatorname{Ch} \sqrt{\frac{8}{3}} \frac{a}{b}} - \frac{1}{2} \right).$$

Например, при $a=1$; $b=\frac{1}{2}$ находим отсюда $u(0, 0)=0.11547$, вместо точного значения 0.11387.

Замечание. Получающиеся при применении изложенного метода системы алгебраических или дифференциальных уравнений могут содержать значительное число неизвестных. Укажем как можно добиться той же степени точности при меньшем числе неизвестных параметров или функций. Для этой цели нужно задаться следующим видом функции u. Зададим на нескольких прямых $x=x_1$, $x=x_2$, ... в качестве значения для u и $\frac{\partial u}{\partial x}$ произвольные функции от t: $\varphi_1(t)$, $\varphi_2(t)$, ...; $\psi_1(t)$, $\psi_2(t)$, ... На основании данного уравнения второго порядка $L(u)=0$, сможем найти u (выразить через φ_1, φ_1', φ_1'', ...) значения и нескольких следующих производных по x:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \frac{\partial^3 u}{\partial x^3}, \cdots$$

на тех же прямых. Составим по этим данным, а также на основании граничных условий, посредством интерполяции по x выражение для u. Дальше поступаем как было указано выше. При этом способе можно вводить для получения той же точности меньшее число произвольных функций, так как часть их, собственно говоря, была уже исключена при составлении выражения для u.

Научно-исследовательский институт математики и механики при Ленинградском государственном университете.

Поступило 4 V 1934.

MATHÉMATIQUES

SUR UNE MÉTHODE DE RÉSOLUTION APPROCHÉE D'ÉQUATIONS DIFFÉRENTIELLES AUX DÉRIVÉES PARTIELLES

Par. L. KANTOROVIČ (KANTOROVITCH)

(*Présenté par S. Bernstein, de l'Académie, le 4. V. 1934*)

La méthode bien connue de Ritz de résolution approchée d'équations différentielles ordinaires et aux dérivées partielles consiste en ceci. On cherche la fonction inconnue sous la forme d'une expression déterminée, satisfaisant à des conditions aux limites et dans laquelle figurent des paramètres inconnus. Ensuite l'on porte cette expression dans l'intégrale correspondant à l'équation différentielle donnée (c'est-à-dire pour laquelle l'équation donnée est une équation d'Euler-Lagrange) en choisissant les paramètres de façon à ce que l'intégrale prenne une valeur minima. Dans une note publiée en 1933 aux Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de l'URSS № 5 j'ai donné une certaine généralisation de la méthode de Ritz qui me conduisait à la méthode suivante: une expression interpolatrice était composée pour la fonction cherchée de façon à se transformer en des fonctions arbitraires sur certaines droites, après quoi on cherchait le minimum de l'intégrale dans laquelle cette expression avait été portée. Ainsi, l'équation aux dérivées partielles se trouvait approximativement remplacée par un système d'équations différentielles ordinaires. Aussi bien la méthode de Ritz que celle indiquée en dernier lieu entraînent un travail considérable

dans leur application, portant avant tout sur le calcul des intégrales obtenues. De plus, en ce qui concerne les équations aux dérivées partielles, les deux procédés ne sont applicables immédiatement qu'aux équations du type elliptique.

Ici, je tiens à proposer une méthode nouvelle fort simple de résolution d'équations aux dérivés partielles, représentant une certaine modification de la précédente méthode. Les traits essentiels s'en peuvent formuler comme suit.

Pour résoudre un problème limite donné nous adoptons pour la fonction cherchée u une forme déterminée à l'avance comprenant des paramètres et des fonctions arbitraires. Portons en l'expression dans l'équation différentielle donnée en l'assujétissant à l'exigence que l'équation soit satisfaite en des certains points ou sur de certaines lignes. Les équations obtenuos (algébriques ou différentielles), de concert avec les conditions supplémentaires qui, garantissent l'accomplissement exact ou approché des conditions aux limites, permettent de déterminer les paramètres et les fonctions entrant dans l'expression de u. Cette détermination faite, nous obtenons une valeur approchée de la fonction cherchée.

Dans cet aspect géneral le procédé peut servir à résoudre les problèmes aux limites les plus variés pour tous les types d'équations. Pour préciser les détails, envisageons un problème plus concret.

Soit à résoudre une équation linéaire de second ordre:

$$L(u(x, t)) = 0$$

aux conditions:

$$u = 0 \quad \text{pour} \quad x = -b; \quad x = b,$$
$$u = f(x); \ \frac{\partial u}{\partial t} = f_1(x) \quad \text{pour} \quad t = 0.$$

Nous cherchons donc une solution de la forme

$$u(x, t) = (b^2 - x^2)(\varphi_0(t) + \varphi_1(t) \cdot x + \varphi_2(t) x^2 + \ldots \varphi_n(t) x^n),$$

$\varphi_0(t)$, $\varphi_1(t)$, $\ldots$, $\varphi_n(t)$ étant d'ici-là des foncitons arbitraires de t. Remarquons que, au lieu des puissances de x^i, on aurait aussi bien pu prendre d'autres fonctions quelconques de la variable x. A présent, pour que $u(x, t)$ soit une solution exacte, il suffit que

$$\int_{-b}^{b} \{L(u(x, t))\} dx \equiv 0.$$

Cette intégrale peut être avec la plus grande exactitude remplacée approximativement par une somme suivant la formule de Gauss. Pour que cette expression approchée soit identiquement égale à zéro, il suffit d'égaler à zéro les ordonnées de Gauss. Nous arrivons ainsi au système suivant d'équations différentielles par rapport aux fonctions $\varphi_i(t)$:

$$L[u(x_i, t)] = 0, \qquad [i = 0, 1, \ldots, n]$$

où les x_i sont des abscisses de Gauss pour l'intervalle $(-b, b)$. Les conditions initiales pour les fonctions $\varphi_0(t)$, $\varphi_1(t)$, $\ldots$, $\varphi_n(t)$ s'obtiennent des conditions initiales pour u en exigeant qu'elles soient remplies pour les $x = x_i$

$$\begin{aligned}(b^2 - x_i^2)(\varphi_0(0) + \varphi_1(0) \cdot x_i + \ldots + \varphi_n(0) \cdot x_i^n) &= f(x_i),\\ (b^2 - x_i^2)(\varphi_0'(0) + \varphi_1'(0) \cdot x_i + \ldots + \varphi_n'(0) \cdot x_i^n) &= f_1(x_i).\end{aligned} \qquad i = 0, 1, \ldots, n$$

Exemple. Considérons le problème de Dirichlet pour l'équation de Poisson $\Delta u = -1$ pour $x = \pm a$; $y = \pm b$ dans le cas d'un rectangle aux côtés $2a$ et $2b$ avec les conditions aux limites $u = 0$.

Nous cherchons la solution sous la forme de

$$u = (y^2 - b^2)\,\varphi(x),$$

contenant une fonction inconnue. Portant u dans l'équation $\Delta u = -1$ nous trouvons:

$$(y^2 - b^2)\,\varphi'' + 2\varphi = -1.$$

Vu la symétrie des conditions, nous pouvons au lieu de l'intervalle $(-b, b)$ nous borner à envisager celui de $(0, b)$; or, pour ce dernier un point de Gauss est donné par $y = \frac{b}{2}$. Posant donc $y = \frac{b}{2}$, nous obtenons pour la détermination de φ l'équation

$$-\frac{3}{4}\,b^2\varphi'' + 2\varphi = -1.$$

Résolvant cette équation dans les conditions $\varphi(a) = \varphi(-a) = 0$ nous trouvons:

$$\varphi = \frac{\operatorname{Ch}\sqrt{\frac{8}{3}}\,\frac{x}{b}}{2\operatorname{Ch}\sqrt{\frac{8}{3}}\,\frac{a}{b}} - \frac{1}{2},$$

d'où il vient pour terminer

$$u \simeq (b^2 - y^2)\left(\frac{\operatorname{Ch}\sqrt{\frac{8}{3}}\,\frac{x}{b}}{2\operatorname{Ch}\sqrt{\frac{8}{3}}\,\frac{a}{b}} - \frac{1}{2}\right).$$

Pour $a = 1$; $b = 1/2$, par exemple, nous trouvons d'ici $u(0, 0) = 0.11547$ au lieu de la valeur exacte 0.11387.

Remarque. Les systèmes d'équation algébriques ou différentielles intervenant au cours de l'application de la méthode exposée peuvent renfermer un nombre considérable d'inconnues. Indiquons un moyen d'obtenir le même degré d'exactitude pour un nombre moindre de paramètres ou de fonctions inconnues. A cet effet il faut se proposer la fonction u sous la forme suivante. Admettons sur quelques droites $x = x_1$, $x = x_2$, ... pour valeurs de u et de $\frac{\partial u}{\partial x}$ des fonctions arbitraires de t, $\varphi_1(t)$, $\varphi_2(t)$, ...; $\psi_1(t)$, $\psi_2(t)$ ... Sur la base de l'équation de second ordre donnée $L(u) = 0$ nous pourrons également trouver (exprimer par φ_1, φ_1', φ_1'', ...) les valeurs de quelques dérivées d'ordre supérieur d'après x:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2},\ \frac{\partial^3 u}{\partial x^3},\ \ldots;$$

sur les mêmes droites. Formons sur ces données, en tenant compte des conditions aux limites, par interpolation d'après x, l'expression de u. Pour le reste, faisons comme plus haut. En pratiquant cette méthode, il est loisible, à s'en tenir au même degré d'exactitude, d'introduire les fonctions arbitraires en nombre moindre, vu que pour une certaine part, en somme, elles ont été déjà éliminées en formant l'expression de u.

Institut de Mathématiques.
Université de Léningrad.

Manuscrit reçu
le 4. V. 1934.

МАТЕМАТИКА

Я. А. МИНДЛИН

ОБОБЩЕНИЕ ОДНОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ШЛЁМИЛЬХА

(*Представлено академиком И. М. Виноградовым 25 V 1934*)

В настоящей заметке мы даем обобщение известному разложению Шлёмильха[1] произвольной функции в виде ряда функций Бесселя нулевого порядка.

Наш результат может быть выражен так:

Любая функция $f(x)$, имеющая непрерывную производную с ограниченной полной вариацией в замкнутом промежутке $(0, \pi)$ и удовлетворяющая условию

$$\lim_{x \to 0} \frac{f(x)}{x^n} = A,$$

где A — конечная величина и n — некоторое целое положительное число, может быть разложена в ряд вида:

$$f(x) = a_1^{(n)} I_n(x) + a_2^{(n)} I_n(2x) + a_3^{(n)} I_n(3x) + \ldots\ldots, \qquad [1]$$

годный в этом промежутке.

Коэффициенты $a_k^{(n)}$ определяются следующими формулами:

$$a_k^{(2m)} = (-1)^m \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} \cos k\mu \left\{ \int_0^{\mu} \frac{\left[\rho^{2m} f(\rho)\right]' T_{2m-1}\left(\frac{\mu}{\rho}\right) d\rho}{\rho^{2m-1}\sqrt{\mu^2 - \rho^2}} \right\} d\mu,$$

$$a_k^{(2m+1)} = (-1)^m \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} \sin k\mu \left\{ \int_0^{\mu} \frac{\left[\rho^{2m+1} f(\rho)\right]' T_{2m}\left(\frac{\mu}{\rho}\right) d\rho}{\rho^{2m}\sqrt{\mu^2 - \rho^2}} \right\} d\mu. \qquad [2]$$

Функция $T_n(y) = \cos n \arccos y$ есть n-ый полином Чебышова.

Рассмотрим интегральное уравнение

$$f(x) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} F(x \cos \xi) \cos n\xi \, d\xi. \qquad [3]$$

$f(x)$ — данная функция, обладающая вышеуказанными свойствами, $F(\mu)$ — искомая функция.

Можно доказать, что решение интегрального уравнения [3] имеет вид:

$$F(\mu) = F_1(\mu) + \Phi(\mu) + Q_{n-1}(\mu), \qquad [4]$$

где

$$F_1(\mu) = \int_0^{\mu} \frac{\left[\rho^n f(\rho)\right]' T_{n-1}\left(\frac{\mu}{\rho}\right) d\rho}{\rho^{n-1}\sqrt{\mu^2 - \rho^2}}, \qquad [5]$$

причем

$$F_1(-\mu) = (-1)^n F_1(\mu).$$

$\Phi(\mu)$ — есть произвольная функция, обладающая свойством

$$\Phi(-\mu) = (-1)^{n-1}\Phi(\mu), \qquad [6]$$

и Q_{n-1} — произвольный полином степени $(n-1)$ относительно μ.

Разложим функцию $F_1(\mu)$ в ряд Фурье.

Отдельно рассмотрим случай n четного и нечетного.

Пусть

$$n = 2m.$$

Тогда

$$f(x) = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} F_1(x\cos\xi)\cos 2m\xi d\xi = (-1)^m \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} F_1(x\sin z)\cos 2mz dz.$$

Имеем:

$$f(x) = (-1)^m \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi}\cos 2mz dz \left\{ \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} F_1(\mu)\, d\mu + \right.$$

$$\left. + \frac{2}{\pi}\sum_{k=1}^{\infty}\int_0^{\pi}\cos k\mu\cos(kx\sin z) F_1(\mu)\, d\mu \right\} = \qquad [7]$$

$$= (-1)^m \frac{2}{\pi}\sum_{k=1}^{\infty}\int_0^{\pi}\cos k\mu\, F_1(\mu)\, I_{2m}(kx)\, d\mu.$$

Перестановка суммированная и интегрированная является допустимой, так как ряд Фурье для функции $F_1(\mu)$ будет равномерно сходящимся в силу сделанных предположений относительно $f(x)$.

Заменяя $F_1(\mu)$ в равенстве [7] его выражением из формулы [5], получим требуемое разложение.

Аналогичными рассуждениями придем к требуемому разложению и в случае n нечетного.

Отметим, что полученное нами разложение не является единственным в силу того, что интегральное уравнение [3] допускает бесчисленное множество решений.

В дальнейшем мы покажем приложение интегрального уравнения [3] к некоторым вопросам математической физики.

Физико-математический институт
Академии Наук им. Стеклова.
Ленинград.

Поступило
25 V 1934.

MATÉHMATIQUES

GÉNÉRALISATION D'UN DÉVELOPPEMENT DE SCHLÖMILCH

Par J. MINDLIN

(Présenté par I. Vinogradow, de l'Académie, le. 25. V. 1934)

RÉSUMÉ

Dans la présente notice nous donnons une expression pour les coefficients du développement de la fonction $f(x)$ en une série de la forme:

$$f(x) = a_1^{(n)} I_n(x) + a_2^{(n)} I_n(2x) + a_3^{(n)} I_n(3x) + \ldots, \quad n \geqslant 1 \qquad [1]$$

valable dans l'intervalle fermé $(0,\pi)$ à condition que $f(x)$ ait une dérivée continue à variation bornée dans l'intervalle designé et que

$$\lim_{x\to 0}\frac{f(x)}{x^n}=A.$$

Nous considérons l'équation intégrale

$$f(x)=\frac{1}{\pi}\int_0^{\pi}F(x\cos\xi)\cos n\xi d\xi. \qquad [3]$$

dont la solution est déterminée par la formule [4].*

En substituant dans la formule [3] le développement de la fonction [5]* en série de Fourier, nous obtenons le résultat cherché. Les coefficients $a_k^{(n)}$ seront déterminés par la formule [2].*

Institut Physico-Mathématique Stekloff
de l'Academie des Sciences. Léningrad.

Manuscrit reçu
le 25. V. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITTÉRATURE CITÉE

[1] Z. für Math. und Phys., 1857. — Whittaker and Watson. A Course of Modern Analysis.

АСТРОНОМИЯ

М. ЕЛЬЯШЕВИЧ

ВЫСОКИЕ ВРАЩАТЕЛЬНЫЕ УРОВНИ МОЛЕКУЛЫ ВОДЫ**

(Представлено академиком А. А. Белопольским 4 V 1934)

Анализ полос поглощения водяного пара в солнечном спектре при значительных высотах Солнца над горизонтом был произведен Мекке и его сотрудниками (1). Они отождествили значительное количество теллурических линий, большая часть которых соответствует переходам между низкими вращательными уровнями, относящимися к различным колебательным состояниям молекул воды (вращательное квантовое число $J\leqslant 4$). Более полные исследования на основе спектра Солнца у горизонта проводятся в Комиссии по исследованию солнца Академии Наук СССР (2).

Для дальнейшего анализа, включающего переходы между более высокими вращательными уровнями, необходимо вычисление высоких вращательных уровней молекулы воды. Интерполяционный метод, данный Брати Сакар Рейем и основанный на рассмотрении асимметричного ротатора согласно квантовой механике (3), дает возможность подобного вычисления.

* Voir au texte russe l'expression désignée par le numéro en question.

** Более подробное изложение этой работы см. в Бюллетене Комиссии по исследованию Солнца Академии Наук, № 10, 1934.

Пользуясь значениями Мекке (1) для вращательных постоянных A, B и C, было произведено вычисление значений термов для всех вращательных уровней с $J=5$ и $J=6$. Были взяты значения A, B и C для двенадцати различных колебательных состояний, — нормального и одиннадцати возбужденных. Вычисления были проведены с точностью до 0.1 $см^{-1}$ с помощью правила сумм. Ошибки вычисленных значений (включая ошибку в значениях A, B и C) не превышают 0.5 $см^{-1}$ для уровней с $J=5$ и 1 $см^{-1}$ для уровней $J=6$. Эта точность вполне достаточна, если принять во внимание, что вычисления производились для твердого ротатора, а не для реальной молекулы. По этой причине вычисленные и наблюденные значения термов совпадают лишь с точностью до 1—2 $см^{-1}$ (в случае сильно колеблющихся молекул согласие несколько хуже).

С помощью вычисленных значений термов был произведен дополнительный анализ теллурических линий (2,4) охватывающий около 60 линий в различных полосах поглощения. Были установлены значения термов для ряда новых вращательных уровней. Следующие новые значения термов молекулы воды в невозбужденном колебательном состоянии могут быть даны в качестве дополнения к данным Мекке (1):

$$J=5\begin{cases}5_{-2}\ 416.25\ см^{-1}\\5_{-1}\ 446.56\ см^{-1}\\5_{0}\ \ 505.55\ см^{-1}\\5_{1}\ \ 510.30\ см^{-1}\end{cases}$$

$$J=6\begin{cases}6_{-3}\ 552.95\ см^{-1}\\6_{-1}\ 650.50\ см^{-1}\end{cases}$$

Комиссия по исследованию Солнца
Академии Наук. Ленинград.

Поступило
4 V 1934.

ASTRONOMY

THE HIGH ROTATIONAL LEVELS OF THE WATER MOLECULE*

By M. ELIAŠEVIČ

(*Communicated by A. Belopolskij, Member of the Academy, 4. V. 1934*)

The analysis of the water vapour absorption bands in the sun spectrum at considerable altitudes of the sun above the horizon has been given by Mecke and his collaborators (1). They have identified a considerable number of telluric lines, the majority of which correspond to transitions between low rotational levels of the different vibrational states of the water molecule (the rotational quantum number $J \leqslant 4$). Fuller investigations, on the basis of the sun spectrum at the horizon, are being carried on by the Solar Commission of the USSR Academy of Sciences (2).

For an extention of this analysis, including transitions between higher rotational levels, a calculation of the high rotational states of the water molecule is needed. The interpolation method given by Brati Sakar Ray and based on the quantum mechanical treatment of the asymmetrical rotator (3) makes such a calculation possible.

* For a more detailed account of the present work see Bull. de la Commission pour les Recherches du Soleil, Acad. d. Sci. de l'URSS, № 10, 1934.

Using the values of rotational constants A, B, and C given by Mecke (1), a calculation of the term values for all rotational levels with $J=5$ and $J=6$ has been made. Twelve different sets of rotational constants were taken, one for the normal vibrational state and the others for the excited ones. The calculations were checked by means of the sum rules to within 0.1 1 cm^{-1}. The errors in the calculated term values (including the error in the values of A, B, and C) do not exceed 0.5 cm^{-1} for the levels with $J=5$ and 1 cm^{-1} for the levels with $J=6$. This precision is quite suffiicent, if we take into account that the calculation has been made for a rigid rotator, and not for a real molecule. This is the reason why the calculated and the observed term values agree only to within 1—2 cm^{-1} (in the case of strongly vibrating molecules the agreement is not so good).

With the help of the calculated term values some further analysis of telluric lines (2,4) has been effected, including over 60 lines in different absorption bands. The term values of a number of new rotational levels have been deduced. The following new term values for the water molecule in the non-excited vibrational state can be given as an addition to the data of Mecke (1):

$$J=5\begin{cases} 5_{-2}\ 416.25\ cm^{-1} \\ 5_{-1}\ 446.56\ cm^{-1} \\ 5_{0}\ \ 505.55\ cm^{-1} \\ 5_{1}\ \ 510.30\ cm^{-1} \end{cases}$$

$$J=6\begin{cases} 6_{-3}\ 552.95\ cm^{-1} \\ 6_{-1}\ 650.50\ cm^{-1} \end{cases}$$

Solar Commission
of the Academy of Sciences.
Leningrad.

Received
4. V. 1934.

ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1 Mecke. Z. f. Phys., **81**, 313 (1933). — W. Baumann u. R. Mecke. Z. f. Phys., **81**, 445 (1933). — K. Freudenberg u. R. Mecke. Z. f. Phys., **81**, 465 (1933). 2 Д. И. Еропкин и В. Н. Кондратьев. Бюллетень Комиссии по исследованию Солнца, № 7, 1934. — D. Eropkin and V. Kondratjev. Bull. de la Commission pour les Recherches du Soleil, Acad. d. Sci. de l'URSS, № 7, 1934. — Idem. ДАН, 1934, № 4. — Idem. C. R. de l'Acad. d. Sc i. de l'URSS, 1934, № 4. 3 D. Dennison. Rev. Mod. Phys., **3**, 280 (1931). — Brati Sakar Ray. Z. f. Phys., **78**, 74 (1932). 4 W. Baumann u. R. Mecke. Das ultrarote Sonnenspectrum von λ 10 000 bis λ 7600 Å, Barth, Leipzig (1934). — Revision of Rowland Preliminary Table (1928).

ФИЗИКА

Б. М. ВУЛ и И. М. ГОЛЬДМАН

ПРОБОЙ СЖАТОГО ГАЗА В НЕОДНОРОДНОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

(*Представлено академиком С. И. Вавиловым 20 V 1934*)

Проведенные до сих пор исследования пробивных напряжений сжатого газа в однородных полях подтвердили применимость закона Пашена для давлений до нескольких десятков атмосфер и дали верхний предел пробивных напряжений при данных физических условиях газа ([1,2,3]).

Известно, что при данных физических условиях газа пробивное напряжение его в широких пределах зависит от конфигурации поля и становится как правило при данном расстоянии между электродами тем меньше, чем больше неоднородность поля.

Наиболее резко-неоднородное поле создается между электродами игла — плоскость. При таких электродах можно рассчитывать получить наиболее низкие пробивные напряжения при данных условиях газа и данном расстоянии между электродами: в особенности, если расстояние между электродами невелико, порядка 1 см, как и было в данном исследовании ([4]). Практически весьма важно знать именно эти минимальные при данных условиях газа пробивные напряжения, так как чрезвычайно трудно считать совершенно исключенным в технической установке наличие всяких выступов, острий, создающих местные резкие неоднородности поля.

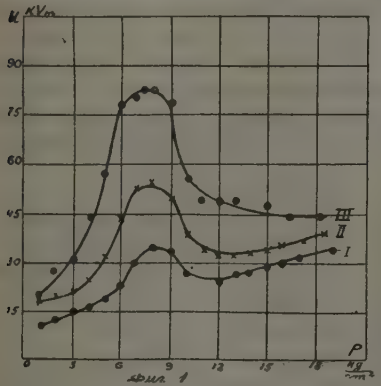
Пробой сжатого газа производился в цилиндрическом стальном сосуде, объема около 25 литров. Сжатый газ — азот — подавался из баллона через редуктор и фильтр.

Острием служила платиновая проволочка диаметра 0.435 мм, закрепленная в металлическом винте. Винт на эбонитовой подставке был смонтирован на круглой латунной пластине, диаметра 120 мм, служившей вторым электродом. Пластина вместе со смонтированным на ней электродом — острием прикреплялась к проходному болту одного из изоляторов. Напряжение к винту, несущему острие, подавалось через второй изолятор гибким проводом. Таким образом это устройство обеспечивало неизменность заданного расстояния между электродами при деформациях сосуда.

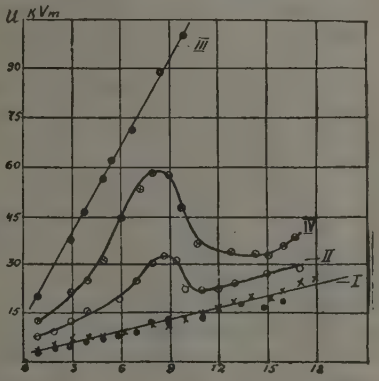
Исследование было проведено на постоянном, переменном и ударном напряжении. Длительность импульсов была около $0.7 \cdot 10^{-6}$ сек. Отдельные результаты исследования даны графически в виде кривых зависимости пробивного напряжения от давления. На фиг. 1 приведены данные, полученные на переменном напряжении 50 герц. Кривая I соответствует расстоянию между электродами в 5 мм, кривая II — в 10 мм, и кривая III — в 17.5 мм.

Как видно из фиг. 1 кривые имеют своеобразный ход. Сначала при невысоких давлениях газа, 1—8 кг/см^2, пробивные напряжения с увеличением давления возрастают, достигая некоторого максимального значения при давлении около 8 кг/см^2, но с дальнейшим ростом давления, 8—12 кг/см^2, пробивные напряжения быстро убывают. При последующем увеличении давления, 15—16 кг/см^2, намечается тенденция

дальнейшего роста пробивных напряжений. Чем больше расстояние между электродами, тем более резко выступает отклонение от плавного роста пробивных напряжений при увеличении давления. На фиг. 2 приведены данные, полученные на постоянном напряжении. Кривая 1 соответствует расстоянию между электродами в 1 мм, крестики соответствуют значениям, когда острие положительно, точки — когда острие отрицательно. Для расстояния между электродами в 5 мм, положительному острию соответствует кривая II, отрицательному — кривая III. Кривая IV относится к положительному острию при расстоянии между электродами в 10 мм. Как видно из данных, пробивные напряжения при расстоянии между электродами около 1 мм не зависят от полярности острия. При больших расстояниях пробивные напряжения при отрицательном острие больше, чем при положительном. При положительном острие ход зависимости пробивных напряжений от давления таков же, как и на переменном напряжении; при отрицательном же острие наблюдается плавный рост пробивных напряжений с увеличением давления.

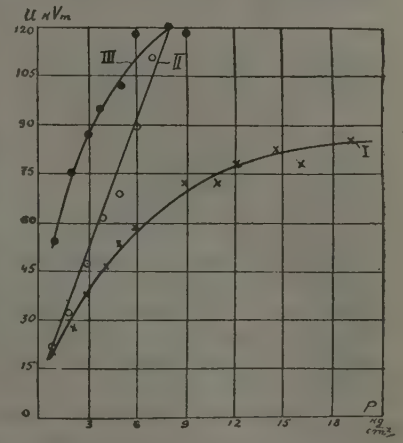


Фиг. 1. — Abb. 1.



Фиг. 2. — Abb. 2.

На фиг. 3 приведены данные, полученные на ударном напряжении при расстоянии между электродами в 3.7 мм: кривая I при положительном острие, кривая II при отрицательном острие и кривая III для расстояния в 10 мм при положительном острие.



Фиг. 3. — Abb. 3.

На импульсах пробивные напряжения при отрицательном острие выше, чем при положительном; однако в отличие от постоянного напряжения здесь при обеих полярностях иглы наблюдается плавный рост пробивных напряжений с увеличением давления.

Из того факта, что пробивные напряжения на переменном токе 50 герц и на постоянном токе при положительной игле довольно близко

совпадают по величине и одинаково изменяются с ростом давления, вытекает, что в пределах исследуемых давлений, 1—18 атм., пробой на переменном напряжении происходит в те полпериода, когда игла положительна, и что никакого заметного влияния на пробой не имеют процессы, происходящие в те полпериоды, когда игла отрицательна.

Исследование показало, что при высоких давлениях, также как при атмосферном, пробивные напряжения при отрицательном острие больше, чем при положительном. Причина этого явления кроется повидимому в том, что образующийся у острия вследствие ухода более быстро двигающихся электронов в положительный объемный заряд в случае положительного острия является как бы продолжением электрода, что способствует пробою ([5]).

Большой интерес, а при попытке применения сжатого газа важное практическое значение, имеет наличие максимума пробивных напряжений при росте давлений (фиг. 1 и 2). Наличие максимума только при положительном острие указывает на то, что очевидно причиной максимума является объемный заряд. В пределах исследуемых давлений, изменение давления газа сказывается на формировании объемного заряда в разных, подчас противоположных направлениях. При данном напряжении увеличение давления вызывает ослабление ионизации и следовательно уменьшение общего числа положительных ионов; одновременно увеличение давления ослабляет диффузию, или расхождение ионов, чем способствует их большей концентрации. Таким образом в некотором небольшом объеме газа, имеющем при пробое решающее значение, могут при данном напряжении, но при разных давлениях, возникнуть одинаковые условия развития объемного заряда. Отсюда и вытекает возможность пробоя газового промежутка при разных давлениях, но при одинаковом напряжении и наличие максимума пробивного напряжения при определенном давлении.

С этой точки зрения становится также понятным, что отклонение от плавного роста пробивных напряжений при увеличении давления газа выступает тем более резко, чем больше расстояние между электродами и следовательно тем сильнее может сказаться влияние диффузии.

Вслед за понижением, идущим непосредственно после максимума, намечается, как показывают данные исследования, дальнейший медленный рост пробивных напряжений с увеличением давления, фиг. 1, 2. Определяя посредством светочувствительной бумаги наличие разрядов у острия, мы установили, что в области вторичного повышения при высоких давлениях начальные напряжения весьма близки к пробивным, в то время как при меньших давлениях начальные напряжения значительно ниже пробивных. Поскольку при давлениях, соответствующих вторичному повышению, пробивные напряжения близки к начальным, следует ожидать для пробивных аналогичный ход зависимости от давления, как и для начальных напряжений, т. е. медленный плавный рост с увеличением давления.

Подробное изложение результатов работы будет дано в одном из ближайших номеров Журнала технической физики.

Физико-математический институт
Академии Наук им. В. А. Стеклова.
Ленинград.

Поступило
20 V 1934.

PHYSIK

DURCHSCHLAG VON KOMPRIMIERTEM GAS IM INHOMOGENEN ELEKTRISCHEN FELDE

Von I. GOLDMANN und B. WUL

(*Vorgelegt von S. Wawilow, Mitglied der Akademie, d. 20. V. 1934*)

Die bisher ausgeführten Untersuchungen von Durchschlagspannungen für komprimierte Gase in homogenen Feldern bestätigten die Gültigkeit des Paschen'schen Gesetzes für Drucke bis zu einigen Zehnern Atmosphären und ergaben eine obere Grenze für die Durchschlagspannungen bei gegebenen physikalischen Bedingungen des Gases [1,2,3].

In bestimmten physikalischen Verhältnissen ist bekanntlich die Durchschlagspannung von Gas innerhalb weiter Grenzen von der Konfiguration des Feldes abhängig und wird in der Regel bei gegebener Elektrodendistanz umso geringer, je grösser die Inhomogenität des Feldes.

Ein am schärfsten ausgesprochen inhomogenes Feld entsteht zwischen den Elektroden Nadel — Platte. Bei solchen Elektroden kann damit gerechnet werden, die kleinsten Durchschlagspannungen für die gegebenen Verhältnisse im Gase und bei bestimmter Elektrodendistanz zu erhalten, besonders wenn die letztere unerheblich ist, von der Grössenordnung von 1 cm, wie das in der vorliegenden Untersuchung der Fall war [4]. Praktisch ist es von grösster Wichtigkeit gerade diese minimalen Durchschlagspannungen zu ermitteln, da es kaum möglich ist, in einer technischen Anordnung jegliche Erhabenheiten oder Spitzen, aus welchen stellenweise scharfe Inhomogenitäten des Feldes sich ergeben, für ausgeschlossen zu halten.

Der Durchschlag von komprimiertem Gas wurde in einem zylindrischen Stahlgefässe von ca. 25 l ausgeführt. Das komprimierte Gas — Stickstoff — wurde aus dem Ballon durch Reduktor und Filter dem Gefässe zugeführt.

Als Spitze diente ein Platindraht von 0.435 mm Durchmesser, in einem metallischen Schraubstock eingeklemmt. Letzterer war mit seinem Ebonitständer auf einer runden Messingplatte von 120 mm Dm. angebracht, welche als zweite Elektrode diente. Die Platte mit der draufmontierten Spitzenelektrode wurde am Durchfuhrungsbolzen eines der Isolatoren befestigt. Die Spannung wurde der die Spitze tragenden Schraube vom Durchfuhrungsbolzen des zweiten Isolators mittels eines biegsamen Drahtes zugeleitet. Durch diese Anordnung wurde die Unabänderlichkeit der einmal festgesetzten Elektrodendistanz auch bei eventuellen Deformierungen des Gefässes sichergestellt. Die Untersuchungen wurden bei Gleich-, Wechsel- und Stosspannung ausgeführt. Die Dauer der Stösse war von $0.7 \cdot 10^{-6}$ sec.

Die einzelnen Ergebnisse sind graphisch als Kurven der Abhängigkeit der Durchschlagspannung vom Druck gegeben. Auf Abb. 1 (S. 543) sind die mit einer Wechselspannung von 50 H. erhaltenen Data angeführt. Kurve I entspricht einer Elektrodendistanz vom 5 mm, Kurve II—von 10 mm und Kurve III—von 17.5 mm.

Wie aus Abb. 1 ersichtlich, haben die Kurven einen sonderbaren Verlauf. Anfanglich, bei geringen Gasdrucken, von 1—8 kg/cm² wachsen die

Durchschlagspannungen, mit Anwachsen des Druckes ein gewisses Maximum bei ca. 8 kg/cm² erreichend; darüber hinaus jedoch (8—12 kg/cm²) tritt eine rasche Abnahme ein. Bei weiterer Steigerung des Druckes, um 15—16 kg/cm², setzt wieder eine Tendenz zu weiterem Wachsen der Durchschlagspannungen ein. Je grösser die Elektrodendistanz, desto schärfer macht sich das Abweichen von einem einfach gleichmässigen Gange des Anwachse der Durchschlagsspannungen mit dem Gasdruck geltend. Abb. 2 bringt die mit Gleichspannung erzielten Messungsdaten. Kurve 1 entspricht einer Elektrodendistanz von 1 mm, mit Kreuzchen sind die Werte für Spitze positiv, mit Punkten für Spitze negativ bezeichnet. Für eine Elektrodendistanz von 5 mm entspricht der positiven Spitze Kurve II, der negativen — Kurve III, Kurve IV bezieht sich auf Spitze positiv bei 10 mm Elektrodendistanz. Wie aus diesen Daten zu ersehen, sind die Durchschlagsspannungen für 1 mm Elektrodendistanz von der Polarität der Spitze unabhängig. Bei grösseren Distanzen sind die Durchschlagspannungen bei negativer Spitze grösser als bei positiver. Für den letzteren Fall gestaltet sich der Gang der betrachteten Abhängigkeit ganz ähnlich wie bei Wechselspannung; bei negativer Spitze dagegen wird ein gleichmässig verlaufendes Anwachsen der Durchschlagspannungen bei steigendem Druck beobachtet.

Auf Abb. 3 sind die mit Stossspannung bei 3·7 mm Elektrodendistanz erhaltenen Grössen dargestellt: Kurve 1 für Spitze positiv, Kurve II für Spitze negativ und ferner Kurve III für 10 mm Distanz bei positiver Spitze.

Bei den Stössen sind die Durchschlagspannungen ebenso wie beim Gleichstrom für negative Spitze höher, als für positive; zum Unterschied von diesem jedoch ist hier durchweg ein gleichmässiges Anwachsen der Durchschlagspannung, abgesehen von der Polarität der Spitze, bei steigendem Gasdruck zu verzeichnen.

Aus der Tatsache, dass die Durchschlagspannungen für 50 H.-Wechselspannung und für Gleichspannung bei positiver Spitze ziemlich nahe der Grösse nach übereinstimmen und in der gleichen Weise bei Steigerung des Druckes anwachsen, folgt, dass innerhalb des untersuchten Druckintervalls, 1—18 kg/cm², der Durchschlag bei Wechselspannung während der „Spitze-positiv"-Halbperiode stattfindet, während die in der „Spitze-negativ"-Halbperiode sich abspielenden Prozesse keinerlei irgend merklichen Einfluss auf die untersuchte Erscheinung ausübem.

Es wurde weiterhin festgestellt, dass bei hohen Drucken ebensogut wie unter atmosphärischem, die Durchschlagspannungen für negative Spitze grösser sind als für positive. Die Ursache dafür ist anscheinend darin zu suchen, dass die um die Spitze wegen Abgang der schneller beweglichen Elektronen sich bildende positive Raumladung im Falle von positiver Spitze gleichsam eine Fortsetzung der Elektrode bildet und den Durchschlag begünstigt (⁵).

Von grossem Interesse und bei Anwendungsversuchen von komprimiertem Gas von grosser praktischer Bedeutung ist das Vorhandensein eines Maximums von Durchschlagspannung bei wachsenden Drucken (Fig. 1 und 2). Der Umstand, dass dieses nur bei positiver Spitze zutrifft, weist darauf hin, dass als augenscheinliche Ursache des Maximums die Raumladung hinzustellen ist. Im Spielraum der untersuchten Gasdrucke äussert sich die Wirkung der Druckänderung auf die Bildung der Raumladung in verschiedenen, bisweilen entgegengesetzten, Richtungen. Bei gegebener Spannung führt Drucksteigerung eine Abschwächung der

Ionisation und folglich eine Abnahme der Gesamtzahl der positiven Ionen herbei; gleichzeitig wirkt die Drucksteigerung verringernd auf die Querexpansion oder Divergenz der Ionen, was deren grössere Konzentration begünstigt. So können denn in einem gewissen beschränkten Gasvolumen, welches beim Durschlag eine entscheidende Bedeutung hat, bei gegebener Spannung, aber bei verschiedenen Drucken die gleichen Bedingungen für die Entwickelung der Raumladung entstehen. Hieraus folgt auch die Möglichkeit von Durchschlag der Gasstrecke unter verschiedenen Drucken, doch bei gleicher Spannung und das Vorhandensein eines Maximums von Durchschlagspannung bei bestimmtem Druck.

Von diesem Standpunkt aus wird es auch begreiflich, dass die Ablenkung vom gleichmässigen Gange der Zunahme der Durchschlagspannungen bei Steigerung des Gasdruckes umso schärfer sich ausprägt, je grösser die Elektrodendistanz und damit die eintretende Querexpansion wird.

Nach der Abnahme, welche unmittelbar auf das Maximum folgt, macht sich in unseren Versuchen ein ferneres langsames Anwachsen der Durchschlagspannung mit steigendem Druck bemerkbar (s. Abb. 1,2). Indem wir mit lichtempfindlichem Papier die Existenz von Vorentladungen um die Spitze nachprüften stellten wir fest, dass während bei geringen Drucken die Anfangsspannungen erheblich niedriger sind als die Durchschlagspannung, demgegenüber diese letzteren, im Gebiet des wiederholten Anwachsens bei höheren Drucken, den Anfangsspannungen ganz nahe zu ztehen kommen. Insofern dieses tatsächlich zutrifft, ist innerhalb dieses Gebiets gesteigerter Drucke für die Durchschlagspannungen dieselbe Art des Ganges der Abhängigkeit von den Gasdrucken zu erwarten, wie für die Anfangsspannungen, d. h. ein langsames gleichmässiges Anwachsen mit steigendem Druck.

Eine ausführlichere Darlegung unserer Ergebnisse wird in nächster Zeit erscheinen.

Stekloff'sches Physikalische-Mathematisches Institut der Akademie der Wissenschaften. Leningrad.

Eingegangen d. 20. V. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITERATUR.

[1] Hammershaimb et Mercier. Arch. sc. phys. et nat., p. 356—378, 487—501, 1921. [2] Reber. Arch. f. El., **25**, 241, 1931. [3] Zeier. Ann. d. Ph., **14**, 415, 1932. [4] Edwards, Goodlet, and Perry. Journ. I. E. E. (London) **69**, 695 1931. [5] Marx. Arch. f. El. **24**, 60, 1930.

ФИЗИКА

В. ФРЕДЕРИКС и В. ЦВЕТКОВ

ОБ ОРИЕНТАЦИИ МОЛЕКУЛ В ТОНКОМ СЛОЕ АНИЗОТРОПНОЙ ЖИДКОСТИ И ИЗМЕРЕНИИ ДВУХ КОНСТАНТ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ИХ УПРУГИЕ СВОЙСТВА

(*Представлено академиком И. В. Гребенщиковым 28 IV 1934*)

Для изучения структуры и природы анизотропных жидкостей одним из средств является использование их оптической анизотропии, совместно с воздействием на них какого нибудь внешнего (например, магнитного или электрического) поля. Анизотропное вещество, помещенное между двумя стеклышками — предметным и покровным, представляет собой тонкий слой, в зависимости от обстоятельств однородный или неоднородный по своему строению. Изучение его обычным способом в параллельном свете в поляризационном микроскопе дает непосредственное представление лишь о средней ориентации его частиц или их групп.

Нами был разработан метод, позволяющий судить об ориентации частиц на определенной глубине слоя. Чрезвычайно большое двойное лучепреломление некоторых из этих веществ, в частности изучаемого нами *p*-Azoxyanisol'a, позволяет, пользуясь полным внутренним отражением, рассматривать их в свете одних лишь необыкновенных лучей, проходящих через кристаллическую жидкость (1). Кроме того, положение конуса, образованного полным внутренним отражением необыкновенных лучей, наблюдаемого в определенных условиях, дает возможность судить об ориентации частиц, расположенных по середине между покровным и предметным стеклышком.

Для вычисления углов поворота частиц требуется знание двух показателей преломления n_o и n_e.

Для изученного нами образца жидкости *p*-Azoxyanisol'a мы нашли показатели преломления, данные в табл. 1. Температура 136° С соответствует переходу из анизотропно-жидкого состояния в изотропно-жидкое.

Первоначально однородный слой жидкости, помещаемый в магнитное поле, перпендикулярное или параллельное поверхности стекла (в последнем случае оно должно быть перпендикулярно осям частиц) перестает быть однородным при условии, что при заданном поле H_0 толщина слоя больше некоторой определенной „критической толщины“ Z_0. К установленному правилу (2) $H_0 Z_0 = k$, где k постоянная, характеризующая своего рода упругое противодействие среды по отношению к магнитному полю, мы можем теперь добавить соотношение

$$H_{\varphi_0} Z_{\varphi_0} = k_{\varphi_0},$$

где k_{φ_0} — новая постоянная, а φ_0 — минимальный угол, образуемый осями частиц с направлением поля при толщине препарата $Z_{\varphi_0} \geqslant Z_0$ (т. е. $\varphi'_0 = \frac{\pi}{2} - \varphi_0$ есть максимальный угол поворота молекулы от первоначального положения).

Таблица 1 — Tabelle 1

Показатели преломления n_0 и n_e в анизотропной фазе и n в изотропной для различных температур t
Brechungsindices n_0 and n_e für anisotrope Phase und n für isotrope bei verschiedenen t

t (в градусах)	n	n_0	n_e
160.0	1.686	—	—
153.0	1.641	—	—
150.0	1.644	—	—
145.0	1.647	—	—
141.0	1.650	—	—
137.0	1.651	—	—
133.0	—	—	1.800
131.0	—	1.580	1.822
130.0	—	1.575	—
129.0	—	—	1.837
128.5	—	1.572	—
127.0	—	1.569	1.853
125.0	—	—	1.865
124.5	—	1.567	—
123.0	—	—	1.874
120.0	—	1.565	1.882
118.0	—	—	1.890
114.0	—	—	1.898
112.0	—	1.562	1.900

При $\varphi_0 \to \frac{\pi}{2}$ имеем: $Z_{\varphi_0} \to Z_0$ и $k_{\varphi_0} \to k$. Табл. 2 иллюстрирует это соотношение для углов $\varphi_0 = 30°$ и $\varphi_0 = 78°$. Первый столбец содержит логарифмы значений H, выраженных в гауссах, второй — найденные соответствующие значения Z.

Основываясь на соотношении

$$A \frac{d^2\varphi}{dx^2} = \alpha(\mu_\perp - \mu_\parallel) H^2 \cos\varphi \sin\varphi \qquad [1]$$

(здесь α — постоянная, зависящая от выбора единиц, а $\mu_\perp$ и $\mu_\parallel$ — магнитные проницаемости группы молекул в направлении перпендикулярном и параллельном оптической оси), которое можно применять как в случае поля H перпендикулярного поверхности стекла, так и параллельного (но перпендикулярного осям частиц), причем для этих двух случаев константа A, характеризующая упругие свойства жидкости, различна, можно показать, что A пропорциональна квадрату константы k (или k_{φ_0} при $\varphi_0 = \frac{\pi}{2}$).

Таблица 2 — Tabelle 2

Показывает прямую пропорциональность $\log H$ и $\log Z_{\varphi_0}$; Z_{φ_0} — толщина препарата, в середине которой оси частиц образуют с направлением поля H угол φ_0 при температуре $t = 120°$

Direkte Proportionalität von $\log H$ und $\log Z_{\varphi_0}$; Z_{φ_0} ist die Dicke der Schicht, in deren Mitte die Axen der Molekeln mit der Richtung des Feldes H den Winkel φ_0 bei der Temperatur $t = 120°$ bilden

$t = 120°$			
$\varphi_0 = 80°$;	$k_{\varphi_0} = 7.78$	$\varphi_0 = 78°$;	$k_{\varphi_0} = 5.3$
$\log H$	$\log Z_{\varphi_0}$	$\log H$	$\log Z_{\varphi_0}$
2.84	2.07	3.08	3.64
2.98	3.91	3.14	3.58
3.21	3.68	3.39	3.35
3.32	3.56	3.43	3.32
3.38	3.50	3.52	3.19
3.54	3.35	3.75	4.95
3.78	3.11	3.95	4.76
3.97	4.90	4.04	4.68
4.11	4.76	—	—
4.18	4.72	—	—

Таблица 3 — Tabelle 3

Зависимость от температуры t „константы изгиба“ K_1 и „константы кручения“ K_2 для p-Azoxyanisol'a

Abhängigkeit von der Temperatur t der „Biegungskonstante“ k_1 und der „Drillungskonstante“ k_2 für p-Azoxyanisol

t (в градусах)	k_1	k_2
97	7.25	5.60
105	—	5.55
107	7.00	—
110	—	5.45
116	6.65	—
120	—	5.15
121	6.30	—
125	—	5.00
127	—	4.85
129	6.00	—
130	—	4.65
132	—	4.30
133	5.70	—
134	5.40	—

Результаты измерения $k = k_1$ при H перпендикулярном поверхности стекла и $k = k_2$ при H параллельном поверхности при разных температурах даны в табл. 3. Первую из этих констант ([3]) можно сравнить с упругой константой изгиба, вторую с упругой константой кручения, так как в первом случае оси частиц расположены по линиям, имеющим форму изогнутого стержня, а во втором частицы, расположенные в слое одинаковой толщины, повернуты на равные углы на равных расстояниях от поверхности стекла. При приближении к изотропной фазе обе константы уменьшаются. Произвести промеры при более высоких температурах оказалось слишком затруднительным. Можно, однако, видеть, что при приближении к изотропной фазе силы, вызывающие ориентацию, начинают быстро убывать.

Правильность применения формулы [1] подтверждается сравнением найденной нами зависимости между максимальным углом φ_0', образуемым осями частиц с их первоначальным направлением в средней части тонкого слоя Z, и отношением $\frac{Z}{Z_0}$ и зависимостью, вытекающей из формулы [1]. Второй столбец табл. 4 показывает теоретическую зависимость, третий — средние значения наблюдаемых углов отклонения при различных $\frac{Z}{Z_0}$, данных в первом столбце.

Таблица 4 — Tabelle 4

Зависимость φ_0' от $\frac{Z}{Z_0}$

Abhängigkeit zwischen φ_0' und $\frac{Z}{Z_0}$

$\frac{Z}{Z_0}$	φ_0' вычисленное (в градусах) φ_0' berechnet	φ_0' найденное экспериментально (в градусах) φ_0' beobachtet
1.050	25.0	24
1.065	29.0	29
1.085	32.0	33
1.095	33.5	35
1.130	39.0	39
1.165	43.0	42
1.285	50.0	49
1.280	53.5	52
1.350	59.0	58
1.440	63.5	60
1.470	65.0	65

Научно-исследовательский физический институт
при Ленинградском государственном университете.

Поступило
28 IV 1934.

ÜBER DIE ORIENTIERUNG DER MOLEKÜLE IN DÜNNER SCHICHT VON ANISOTROPEN FLÜSSIGKEITEN UND ÜBER DIE MESSUNG ZWEIER IHRE ELASTISCHEN EIGENSCHAFTEN KENNZEICHNENDEN KONSTANTEN

Von V. FRÉEDERICKSZ und V. ZVETKOV

(Vorgelegt von I. Grebenščikov, Mitglied der Akademie, d. 28. IV. 1934)

Eine dünne anisotrope flüssige Schicht zwischen Objekt und Deckgläschen besitzt je nach den Umständen eine homogene oder inhomogene Struktur. Eine Schicht, die in Abwesenheit eines äusseren Feldes homogen ist, wird inhomogen in einem äusseren magnetischen oder elektrischen Felde. Die üblichen Untersuchung-methoden im parallelen polarisierten Lichte gestatten nur über die mittlern Orientierung der Moleküle zu urteilen. Die grosse Doppelbrechung des *p*-Azoxyanisols erlaubt mittels Beobachtung der Totalreflexionsgrenze für den ausserordentlichen Strahl die Orientirung der Moleküle auf einer gewissen Tiefe bezw. Entfernung von der Glaswand zu bestimmen, falls man die Brechungsindices für den ordentlichen und den ausserordentlichen Strahl, n_0 und n_e, kennt (1). Nach unseren Messungen ergab das uns zur Verfügung stehende *p*-Azoxyanisol folgende Werte für n_e und n_e (s. Tabelle 1, S. 549).

Eine zunächst homogene anisotrope flüssige Schicht wird im gegebenen Magnetfelde H_0 inhomogen, wenn ihre Dicke eine gewisse „kritische Dicke" Z_0 überschreitet. Das Magnetfeld kann senkrecht oder parallel der Glaswand sein. Im letzteren Falle muss es senkrecht zu der Längsrichtung der Moleküle gerichtet sein. In beiden Fällen ist die kritische Grenze verschieden.

Zu der schon früher beobachteten Beziehung

$$H_0 Z_0 = k,$$

wo k eine Konstante ist, können wir jetzt die Beziehung

$$H_0 Z_{\varphi_0} = k_{\varphi_0}$$

hinzufügen.

Hier ist Z_{φ_0} die Schichtdicke, für welche die maximale Drehung der Moleküle die Grösse $\varphi'_0 = \frac{\pi}{2} - \varphi_0$ hat.

Tabelle 2 gibt beispielsweise die Beobachtungsresultate für zwei Maximalwinkel $\varphi'_0 = 60°$ (d. h. $\varphi_0 = 30°$) und $\varphi'_0 = 12°$ (d. h. $\varphi_0 = 78°$). Für $\varphi_0 \to \frac{\pi}{2}$ erhält man $Z_{\varphi_0} \to Z_0$ und $k_{\varphi_0} \to k$.

Wir berechnen die Winkel aus der von P. Ornstein aufgestellten Beziehung

$$A \frac{d^2\varphi}{du^2} = a\ (\mu_\perp - \mu_\parallel)\ H^2 \cos\varphi \sin\varphi.$$

In Gleichung [1] heissen: φ — der Drehungswinkel im Abstande x von der Glaswand, $\mu_\perp$ und $\mu_\parallel$ — die magnetische Permeabilität senkrecht und parallel zur Achse, α — ein Proportionalitätsfaktor, und endlich A — eine Konstante, die man als eine in gewissem Sinne elastische Konstante betrachten kann.

Es ist zu bemerken, dass die Konstante A für Drehungen um verschiedene Achsen verschieden sein muss und dass eine leichte Rechnung [1] die Proportionalität zwischen k^2 und A ergibt.

Das Resultat der Messung der Konstante k_1, für Parazoxyanizol (das Feld H senkrecht zur Glaswand) und der Konstante k_2 (das Feld H parallel zur Glaswand und senkrecht zu den Molekülachsen) für verschiedene Temperaturen ist in Tabelle 3 dargestellt [3]. Die beiden Konstanten nehmen mit steigender Temperatur ab. In der Nähe der Übergangstemperatur zu der isotropen Phase sind die Messungen recht schwierig; nach dem Gang der Kurven ist aber zu sehen, dass die orientierenden Kräfte in der Nähe der Übergangstemperatur recht klein werden müssen und wahrscheinlich verschwinden.

Tabelle 4 illustriert die Richtigkeit der Anwendung von Formel [1]. Die ersten zwei Spalten zeigen die theoretische Abhängigkeit zwischen dem maximalen Drehungswinkel der Teilchen in der Mitte der dünnen Schicht Z und dem Verhältnis $\frac{Z}{Z_0}$, die auf Grund der Beziehungen [1] berechnet wurde. Die dritte Reihe stellt die bei unseren Versuchen erhaltenen Mittelwerte der Drehungswinkel dar.

Physikalisches Institut
der Universität Leningrad.

Eingegangen
d. 28. IV. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITERATUR

[1] V. Fréedericksz and V. Zolina. Trans. Far. Soc., v. XXIX, part 9, Sept. 1933.— V. Fréedericksz. u. V. Zolina. Z. f. Krist., 1932 (Sonderheft für flüssige Kristalle). [2] Trans. Amer. Electrochem. Soc., 1929. — Z. f. Krist., 1929. [3] Zocher. Trans. Far. Soc., Sept. 1933.

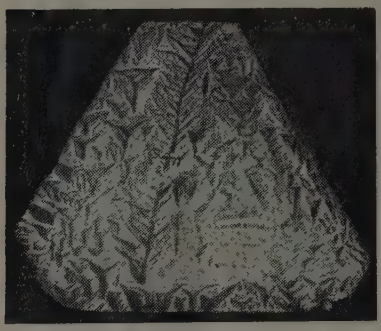
КРИСТАЛЛОГРАФИЯ

Г. Г. ЛЕММЛЕЙН

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПОЛУЧЕНИЕ ВИЦИНАЛЕЙ НА РАСТУЩЕМ КРИСТАЛЛЕ

(*Представлено академиком С. И. Вавиловым 10 IV 1934*)

На гранях ромбоэдра крупных кристаллов аметиста из Адуя (Урал) мною наблюдались вицинали (1), сгруппированные рядами по выходу на поверхность залеченной трещины (2). Было высказано предположение, что вицинали возникают в результате более активного роста в местах механического нарушения целости кристаллической решотки. Естественно было перейти от этого предположения к эксперименту. Опыт был сделан над кристаллами алюмокалиевых квасцов. На выращенном из пересыщенного раствора октаэдрическом кристалле иглой проводилась едва заметная царапина. После опускания вновь в пересыщенный раствор на несколько (2—3) секунд, на месте царапины возникает множество мелких вициналей (см. фотографию). По мере увеличения времени роста процарапанного кристалла размеры вициналей увеличиваются, а число их уменьшается. Через 2—3 минуты на всем кристалле остается несколько крупных вициналей, покрывающих целиком всю поверхность процарапанной грани октаэдра. Образование вициналей вызывается также и обсушиванием кристалла или перенесением его в раствор более высокой концентрации. И то, и другое, очевидно, вызывает местное нарушение целости решотки в поверхностном слое кристалла и последующий усиленный рост в этих местах.



В результате дальнейшего изучения явления роста вициналей на местах нарушения поверхностного слоя кристалла можно ожидать разрешения до сего дня спорного вопроса о природе вицинальных граней кристаллов. Это разрешение, вероятней всего, должно лежать между мнением, признающим вицинальные грани чисто поверхностным явлением кристалла, и мнением, считающим вицинали внешним проявлением неоднородности решотки кристалла.

Очень сходное явление активации царапанием растущей полированной поверхности поликристаллического электрода недавно описали К. М. Горбунова и А. Т. Ваграмян при опытах с электролитическим ростом металлов (3).

Ломоносовский институт
геохимии, кристаллографии
и минералогии. Ленинград.

Поступило
10 IV 1934.

EXPERIMENTELLES HERVORBRINGEN VON VIZINALEN AUF EINEM IN WACHSTUM BEGRIFFENEN KRISTALL

Von G. LAEMMLEIN

(*Vorgelegt von. S. Wawilow, Mitglied der Akademie, d. 10. IV. 1934*)

Auf den Rhomboëderflächen grosser Amethystkristalle aus Adui (Ural) beobachteten wir Vizinalen (1), welche am Austritt eines verheilten Risses an die Oberfläche in Reihen gruppiert waren (2). Es wurde die Vermutung ausgesprochen, dass die Vizinalen an den Stellen mechanischer Verletzung des Kristallgitters als Resultat eines intensiven Wachstums entstehen können. Es erschien natürlich von dieser Vermutung zum Experiment überzugehen. Der Versuch wurde an Kristallen von Aluminium-Kalialaun gemacht. Einem aus übersättigter Lösung gezüchteten Oktaederkristall wurde mit einer Nadel eine kaum wahrnehmbare Ritzung beigebracht. Nach einem erneuten Eintauchen in die übersättigte Lösung auf einige (2—3) Sekunden entsteht an der Stelle der Ritzung eine Menge von feinen Vizinalen (s. Abb S.. 554). Je grösser die Dauer des Wachstums des durchritzten Kristalls wird, um so mehr nehmen die Vizinalen an Umfang zu, doch wird ihre Anzahl geringer. Nach 2—3 Minuten bleiben auf dem ganzen Kristall einige grosse Vizinalen zurück, welche die Oberfläche der durchritzten Oktaëderfläche völlig bedecken. Die Bildung von Vizinalen wird auch noch durch Trocknen des Kristalls oder seine Überführung in eine Lösung von höherer Konzentration hervorgerufen. Das eine wie das andere ruft, offenbar, eine örtliche Störung der Unversehrtheit des Gitters in der Oberflächenschicht des Kristalls und ein darauf folgendes verstärktes Wachstum an diesen Stellen hervor.

Man kann erwarten, dass aus dem weiteren Studium der Wachstumserscheinungen der Vizinalen an den Stellen einer Störung der Oberflächenschicht des Kristalls sich die Lösung der bis auf heute streitigen Frage über die Natur der Vizinalflächen der Kristalle ergeben wird. Diese Lösung muss am wahrscheinlichsten einen Platz zwischen der Meinung einnehmen, welche die Vizinalflächen als rein oberflächliche Erscheinung des Kristalls ansieht und der Meinung, die Vizinalflächen seien ein äusseres Kennzeichen der Ungleichartigkeit des Kristallgitters.

Eine sehr ähnliche Aktivationserscheinung durch Ritzen einer wachsenden polierten Oberfläche einer polykristallinen Elektrode ist kürzlich von K. Gorbunova und A. Vagramjan bei Versuchen mit elektrolytischem Anwachsen (3) von Metallen beschrieben worden.

Lomonosovsches Institut für Geochemie, Kristallographie und Mineralogie. Leningrad.

Eingegangen d. 10. IV. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITERATUR

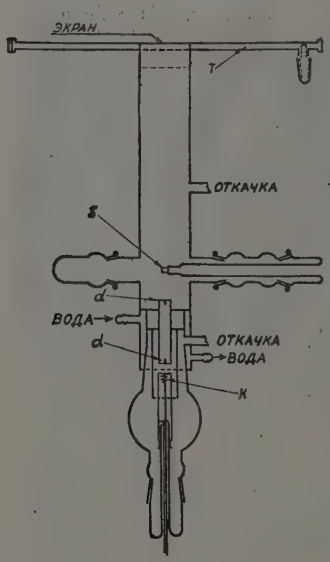
1 Г. Г. Леммлейн. Труды Ломоносовского института АН, вып. 6 (печатается). G. Laemmlein. Z. f. Krist., **88**, 1934. 2 G. Laemmlein. Z. f. Krist., **71**, 231, 1929. 3 К. М. Горбунова и А. Т. Ваграмян. ДАН, 1934, т. I. № 3, стр. 127. K. Gorbunova et A. Vagramjan. C. R. de l'Acad. d. Sci. de l'URSS, 1934, v. 1, № 3, p. 128.

П. Д. ДАНКОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ЖЕЛЕЗА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОНОГРАММ

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 1 IV 1934)

В связи с вопросами коррозии железа применение метода электронограмм для исследования поверхности металла представляет существенный интерес. Боас и Рупп [1] применили метод медленных электронов, пытаясь выяснить природу пассивирующего слоя на железе. Однако, отсутствие добавочных данных о внутреннем потенциале слоя не позволило окончательно решить задачу. Метод быстрых электронов применительно к исследованию структуры полированных металлов позволил уже сделать довольно определенные заключения о природе напылированного слоя [2,3]. В работе Томсона [4] получены некоторые данные о структуре образующихся на поверхности пленок при взаимодействии металла с реагентами. Дальнейшее применение метода электронограмм в этих случаях представляется весьма важным.



Фиг. 1. — Fig. 1.

Наше исследование поверхностей структуры железа проводилось именно в этом направлении. Исследуемые шлифы железа подвергались химической обработке на холоду или при нагревании, и структура образующихся поверхностных пленок исследовалась методом электронограмм.

Использованная нами методика получения электронограмм заключалась в следующем. Электронограф (конструкции лаборатории Шальникова, Институт хим. физики), применявшийся нами при исследовании, схематически изображен на фиг. 1. Поток электронов, получавшихся от накаленного спирального катода (κ), направлялся через две никелевых диафрагмы (d) с отверстием в 0.2 мм в диаметре. Диафрагма заземлялась, как и весь корпус электронографа, и между катодом и ею создавалась разность потенциалов, изменявшаяся в наших опытах от 18 до 35 kV.

Узкий пучок электронов падал под очень малым углом ($\sim 2°$) на поверхность объекта (S), и рассеянные электроны двигались дальше до фотографической пластинки (F), подвешенной в латунной рамке внутри металлической кассеты (T). Путем вращения шлифа (Sch) производилась смена фотопластинок, поднимавшихся вместе с рамкой в верхний карман кассеты. Металлический объект (S) монтировался таким образом, что вращением двух связанных друг с другом шлифов можно было как вращать объект (S), так и передвигать его в направлении перпендикулярном к направлению электронного пучка. Последнее достигалось с помощью некоторой эксцентричности, с которой стеклянные шлифы сопрягались друг с другом. Измерение напряжения производилось с помощью шарового разрядника (опытный завод Физ.-тех. комбината). Для фотосъемки применялись диапозитивные пластинки. Вакуум в приборе поддерживался с помощью металлического ртутного насоса.

Железный шлиф получался простой обработкой поверхности железа наждачной бумагой № 000. Шлифовка заканчивалась на почти свободной от наждака поверхности той же бумаги. Бумага освобождалась от наждака путем трения двух кусков ее друг о друга. Шлифовка всегда производилась в направлениях, перпендикулярных друг другу. Законченный шлиф имел грубо зеркальный вид с тонкими, параллельными друг другу царапинами.

Попытка получения электронограммы от такого шлифа дала не вполне четкие результаты. Полученные электронограммы содержали очень размытые и слабо выраженные два круга, которые повидимому можно сопоставить с существованием на поверхности шлифа окислов железа, частично образующихся уже непосредственно после шлифовки. Однако, нельзя считать это вполне достоверным.*

В противоположность этому в вакууме конденсированный слой железа дал вполне четкую электронографическую картину (№ 84) (фиг. 2), причем результаты расчета, приводимого нами в табл. 1, находятся в хорошем согласии с рентгенографическими данными для постоянной решотки α-железа.

Таблица 1—Table 1

(Электронограмма № 84— Electronogram No 84)

$v = 84200$ V; $\lambda = 0.065$ Å; $\frac{d}{n} = \frac{\lambda L}{r}$; $L = 24.5$ cm; $a = \frac{d}{n}\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$

r_{cm}	$\frac{d}{n}$ Å	hkl	a Å
8.0	1.99	011	2.81
1.1	1.44	002	2.88
1.35	1.17	112	2.86
1.75	0.91	013	2.87
		Среднее . . . . Average	2.86 Å

Из рентгенографических данных постоянная α-железа = 2.87 Å.

В работе Френча (²) отмечалось, что травление медного шлифа облегчало получение электронограммы от металлической поверхности, так как при этом исчезали мелкие осколки металла, дававшие размытую картину, и возникали четкие круги, соответствующие сравнительно крупным кристаллам. Наша попытка получить электронограмму от слабо травленного серной кислотой (1 : 10) железного шлифа привела к появлению на фотопластинке слабого полукруга, который вероятно соответствовал γ-Fe_2O_3. Тот же результат был получен при травлении шлифа соляной кислотой (1 : 5).

Более глубокое травление шлифа серной кислотой (1 : 10) привело к электронограмме, изображенной на фиг. 3 (№ 41).

* Результаты наших дальнейших исследований поверхности железа, шлифованного по методу акад. И. В. Гребенщикова, показали, что в этом случае мы имеем дело с α-железом высокой степени дисперсности.

Результаты расчета этой электронограммы сведены в табл. 2.

Таблица 2—Table 2

(Электронограмма № 41.—Electronogram No 41)

$v = 23500$ V; $\lambda = 0.079$ Å; $\frac{d}{n} = \frac{\lambda L}{r}$; $L = 24.5$ cm; $a = \frac{d}{n}\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$

r_{cm}	$\frac{d}{n}$ Å	hkl	a Å
0.7	2.77	003	8.31
1.21	1.60	333	8.32
1.40	1.39	006	8.34
1.90	1.02	008	8.40
2.10	0.92	009	8.28
		Среднее . . . . Average	8.37 Å

Из рентгенографических данных для постоянной решотки γ-Fe_3O_4 имеем величину $a = 8.40$ Å.

Таким образом, повидимому, мы имеем дело с поверхностью, покрытой пленкой окисла, постоянная решотки которого не отличается от постоянной магнетита ($a_{Fe_3O_4} = 8.38$ Å), но имеет существенно иную химическую структуру, как это показано в рентгенографических исследованиях Тюлиса (5). Более детальное рассмотрение величин d/n указывает на существование в пленке кроме γ-Fe_2O_3, также γ-FeOOH (5).

Тот же шлиф (после удаления поверхностного слоя новой шлифовкой) был нагрет на воздухе до $\sim 600°$ С. При этом наблюдалось образование синеватой пленки на поверхности. Электронограммы, полученные от такого шлифа, содержали значительно большее количество полуколец. На фиг. 4 мы даем такую электронограмму (№ 55). Расчет электронограммы дан в табл. 3.

Таблица 3 — Table 3

(Электронограмма № 55.—Electronogram No 55)

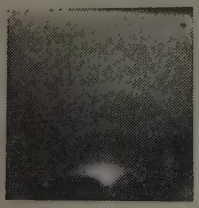
$v = 18000$ V; $\lambda = 0.090$ Å; $L = 24.5$; $a = \frac{d}{n}\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}$

r_{cm}	$\frac{d}{n}$ Å	hkl	a Å
0.8	2.76	003	8.28
0.9	2.45	222	8.47
1.05	2.10	004	8.40
1.2	1.84	124	8.42
1.4	1.57	025	8.44
1.6	1.38	006	8.82
2.10	1.05	008	8.40
		Среднее . . . . Average	8.88 Å

Из рентгенографических данных $a_{Fe_3O_4} = 8.37$ Å.

Характер кольцевых линий в нашей электронограмме и расстояния между плоскостями решотки, повидимому, соответствуют Fe_3O_4.

Результаты настоящего исследования показывают, что травление железа и последующее просушивание на воздухе приводят к образованию на слегка матовой поверхности тонкого слоя окисла железа, состав которого соответствует кубической модификации окиси железа (γ-Fe_2O_3) или гидроокиси (γ-FeOOH). γ-Fe_2O_3, как показали опыты Боудиша и Вело ([6]),



Фиг. 2. — Fig. 2.

Фиг. 3. — Fig. 3.

Фиг. 4. — Fig. 4.

существует при низких температурах и значительно отличается от гексагональной модификации окиси железа (α-Fe_2O_3) ([5]). В опытах Кейтса ([7]), исследовавшего толстые слои ржавчины на железе и стали, было найдено, что ржавчина состоит из γ-FeOOH, что, повидимому, согласуется с нашими данными о структуре тонкого (матового) слоя на поверхности травленого железа. В противоположность данным Кейтса для поверхностной структуры Fe_2O_4 (полученной путем восстановления водородом из γ-Fe_2O_3), наши опыты с окисленной на воздухе (при нагревании) поверхностью железа говорят за присутствие на ней Fe_3O_4.

Наши исследования структуры окисленного слоя продолжаются.

В заключение считаю приятным долгом поблагодарить академика С. И. Вавилова за внимание к нашим электронографическим исследованиям.

Приношу благодарность А. И. Шальникову и М. Э. Гену за советы при налаживании электронографа.

Физико-математический институт
Академии Наук им. В. А. Стеклова.
Ленинград.

Поступило
1 IV 1934.

PHYSICAL CHEMISTRY

INVESTIGATION OF THE SURFACE OF IRON BY THE ELECTRONOGRAM METHOD

By P. DANKOV

(Communicated by S. Wawilow, Member of the Academy, 1. IV. 1934)

The application of the electronogram method to the investigation of the surfaces of metals is of fundamental interest in connexion with the study of the corrosion of iron. Boas and Rupp ([1]) used the method of slow electrons in attempting to determine the nature of passivized layer on iron. However, the absence of supplementary data on the internal potential of the layer made it impossible to solve this problem. The use of the rapid electron method for the investigation of the structure of polished metals

made possible fairly difinite conclusions about the nature of the polished layer ([2,3]). In the work of Thomson ([4]) some data were obtained concerning the structure of the films which form on the surface during the reaction of the metal with reagents. The further application of the electronogram method in such cases is of the utmost importance.

Our investigation of the surface structure of iron was conducted along these lines. The slides of iron under investigation were subjected to chemical action either cold or heated, and the structure of the surface films formed was investigated by the electronogram method.

The method of obtaining electronograms used by us was the following. The electronograph (constructed by the Šalnikov laboratory of the Institute of Chemical Physics) used by us is schematically shown in fig. 1 (p. 554). The current of electrons given off by the heated spiral cathode (*k*) was directed through two nickel diaphragms (*d*) with an aperture of 0.2 mm in diameter. The diaphragm was grounded as was the whole body of the electronograph, and between the cathode and the diaphragm a difference of potential was set up, varying in our experiments from 18 to 35 kV.

A narrow pencil of electrons fell on the surface of the object (*S*) at a very small angle ($\sim 2°$), and the dispersed electrons moved on farther to the photographic plate (*F*) suspended in a brass frame inside the metal plate-holder (*T*). By means of rotating the slide (*Sch*), the photographic plates were changed, the latter having been raised together with the frame into the upper pocket of the plate-holder. The metal object (*S*) was mounted in such a manner that, by rotating the two joined slides, it was possible both to rotate the object (*S*) and to move it in a direction perpendicular to the direction of the electronic pencil. The latter was attained ny means of the eccentricity with which the glass slides were joined together. The tension was measured by means of a spherical discharger (experimental factory of the Physical-Technical Combinat). Slides were used for making the photographs. The vacuum was maintained in the apparatus by means of a metal mercury pump.

The iron slide was obtained by working the surface of a piece of iron with No 000 emery paper. The polish was finshed off with the same paper almost free of emery. The emery was removed from the paper by rubbing two pieces of it together. The polishing was always done in directions perpendicular to each other. The finished slide had roughly the appearance of a mirror with fine parallel scratches on it.

The attempt to get electronograms from such a slide did not give perfectly good results. The electronograms obtained contained two blurred and poorly difined circles, which can apparently be attributed to the presence on the surface of the slide of oxides of iron partially forming immediately after polishing. However, this must not be taken as completely reliable.*

In contrast to this a condensed layer of iron gave a perfectly precise electronographic picture (No 84) (fig. 2, p. 559) in a vacuum, and the results of the calculations, given by us in table 1 (p. 557), agree with the röntgenographic data for the constant of the grating of α-iron.

From the röntgenographic data the constant of α-iron = 2.87 Å.

In the work of French ([2]) it was noted that the etching of a copper slide made it easier to obtain an electronogram from a metal surface, since the fine splinters of the metal, which gave the blurred picture, disappeared, and precise circles, corresponding to comparatively large crystals, were formed. Our attempt to obtain an electronogram from an iron slide slightly treated with sulphurie acid (1 : 10) resulted in a faint semicircle

* The results of our further investigations of the surface of iron polisled by the method of Academician I Grebenščikov showed that in this case we have to deal with α-iron of a high degree of dispersity.

on the photographic plate, which apparently corresponded to γ-Fe_2O_3. The same result was obtained by treating the slide with hydrochloric acid (1:5).

Deeper corrosion of the slide by sulphuric acid (1:10) resulted in the electronogram shown in fig. 3 (No 41).

The results of the calculations from this electronogram are summarized in table 2 (p. 558).

From the röntgenographic data for the constant of the grating of Fe_3O_4 we have the quantity $a = 8.40$ Å.

Thus, we apparently have to do with a surface covered with a film of an oxide the constant of whose grating does not differ from that of magnetite ($a_{Fe_3O_4} = 8.38$ Å), but has an essentially different chemical structure as was shown by Thewlis's röntgenographic investigations ([5]). A more detailed examination of the $\frac{d}{n}$ values points to the existence of γ-FeOOH besides γ-Fe_2O_3 in the film ([5]).

The same slide (after the removal of the surface layer by new polishing) was heated in the air to 660° C. During this process the formation of a bluish film was observed on the surface. The electronograms obtained from such a slide contained a considerably larger number of semicircles. In fig. 4 (p. 559) we give such an electronogram (No 55). The calculations from the electronogram are given in table 3 (p. 558).

From the röntgenographic data $a_{Fe_3O_4} = 8.37$ Å.

The character of circular lines in our electronogram and the distances between the planes of the grating seem to correspond to Fe_3O_4.

The results of the present investigation show that the etching of iron and its subsequent drying in the air lead to the formtaion of a thin layer of an iron oxide whose composition corresponds to the cubic modification of ferric oxide (γ-Fe_2O_3) or hydroxide (γ-FeOOH). γ-Fe_2O_3, as shown by the experiments of Baudisch and Welo ([6]), exists at low temperatures and differs considerably from the hexagonal modification of ferric oxide (α-Fe_2O_3) ([5]). In the experiments of Cates ([7]), who investigated thick layers of rust on iron and steel, it was found that rust consisted of γ-FeOOH, which seems to accord with our data on the structure of the thin layer on the surface of etched iron. In contrast to Cates's data, our experiments with the surface of iron oxidized in the air (while being heated) showed the presence of Fe_2O_4 on it.

The investigations of the structure of the oxidized layer are being continued.

In conclusion I wish to acknowledge my indebtedness to Academician S. Wawilow for his attention to our electronographic investigations. Thanks are also due to A. Šalnikov and M. Gen for their advice in setting up the electronograph.

V. Stekloff Physico-Mathematical Institute
of the Academy of Sciences.
Leningrad.

Received
1. IV. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—REFERENCES

[1] Boas u. Rupp. Ann. d. Phys. (5), 18, 1 (1932). [2] French. Proc. Roy. Soc (A). 140, 637 (1933). [3] Darbyshaire and Dixiti. Phil. Mag., 16, 961 (1933). [4] Thomson. Proc. Roy. Soc. (A), 128, 649 (1930). [5] Thewlis. Phil. Mag., 12, 1089 (1931).— Drexler. Korros. u. Mettallschutz, Jan. (1930). [6] Baudish u. Welo. Chem. Ztg., 49. 661 (1925); Phil Mag., 3, 396 (1927). [7] Cates. Trans. Farad. Soc., 29. 817 (1933).

ХИМИЯ

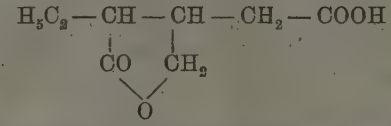
Н. А. ПРЕОБРАЖЕНСКИЙ, А. М. ПОЛЯКОВА и В. А. ПРЕОБРАЖЕНСКИЙ

СИНТЕЗ ГОМОПИЛОПОВЫХ КИСЛОТ

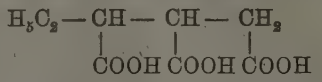
(*Представлено академиком А. Е. Фаворским 28 III 1934*)

Природная гомопилоповая кислота является продуктом окислительного распада алкалоида пилокарпина.

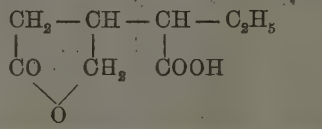
Впервые она была получена Джоветтом (1) при окислении изопилокарпина и пилокарпина марганцовокислым калием. Этот же автор приписал гомопилоповой кислоте строение:



вытекающее из того факта, что при сплавлении гомопилоповой кислоты с едким кали получается *т*-этилтрикарбаллиловая кислота:



Строение этой последней Джоветт доказал синтезом. Но это доказательство не исключает возможности и другой формулы гомопилоповой кислоты, а именно:



В последнее время эта вторая формула потеряла свое значение в результате работ Широ Акабори и Нумана (2), которые доказали, что полученный еще Джоветтом из пилокарпина 1-метил-5-амилимидазол имеет *n*-амил-радикал, а не разветвленную боковую цепь. Все же окончательным доказательством строения гомопилоповой кислоты является ее полный синтез из пилоповой кислоты, ранее нами полученной из броммасляного и малонового эфиров (3).

Полученная Джоветтом природная гомопилоповая кислота представляет собой некристаллизующийся сироп с растянутой точкой кипения. Она представляет смесь пространственных изомеров и содержит некоторую примесь пилоповой кислоты.

Несколько более чистые стереоизомерные гомопилоповые кислоты можно получить при омылении метиламидов этих кислот, полученных по методу Лангенбека (4) при действии на пилокарпин и соответственно изопилокарпин озона и последующим разложением озонидов водой. Однако и в этих случаях получены лишь жидкие изомерные гомопилоповые кислоты. Нами давно уже ведутся работы по синтезу гомопилоповой кислоты и испробовано несколько методов.

Мы остановились на нижеуказанном пути синтеза, имеющем то преимущество, что он позволяет с успехом синтезировать все оптически деятельные и рацемические кислоты, так как исходным материалом является пилоповая кислота, полученная нами ранее в четырех оптически активных и двух рацемических формах. Ход работы в данном случае был следующий.

Пилоповая кислота переводилась в соответствующий хлорангидрид, который по Розенмунду восстанавливался в альдегид. Альдегид далее с помощью амальгамированного алюминия восстанавливался в пилоповый алкоголь, а последний действием трехбромистого фосфора переводился в бромид. Для лучшего выхода при дальнейшем получении цианида, бромид был переведен в иодид, а последний нагреванием в спиртовом растворе с цианистым калием в нитрил гомопилоповой кислоты. Омыление этого нитрила осуществляется очень легко, если проводить его через стадию эфира, т. е. действовать на нитрил спиртовым раствором серной кислоты. Гомопилоповый эфир переводится в гомопилоповую кислоту омылением разбавленной соляной кислотой.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Хлорангидрид *r*-изопилоповой кислоты

20 г *r*-изопилоповой кислоты и 60 г тионилхлорида нагревают с обратным холодильником в течение 8 часов, сначала при 60°, а последние 2 часа при 80—90°. Избыток хлористого тионила отгоняют в вакууме, и для удаления его следов многократно прибавляют и отгоняют сухой бензол (10 см^3 10 раз). Полученный хлорангидрид перегоняют в вакууме.

Кр 0.05 = 90.2°. Выход 20 г = 90% теории.

Бесцветная, подвижная жидкость, на воздухе поглощает влагу и переходит в изопилоповую кислоту.

r-изопилоповый альдегид

Хлорангидрид *r*-изопилоповой кислоты подвергается восстановлению по методу Розенмунда. Для этого через кипящий раствор 5.44 г вещества в 27 см^3 сухого ксилола, в присутствии палладиевого катализатора пропускают ток сухого водорода.

Через два часа наблюдающееся выделение хлористого водорода прекращается, и восстановление можно считать законченным. Тогда нагревание прекращают и дают реакционной массе охладиться до комнатной температуры в токе водорода. Затем фильтруют, отгоняют растворитель и оставшееся масло подвергают перегонке в вакууме.

Кр 0.05 = 90°. Выход 3.28 г = 75% теории.

Альдегид представляет собой бесцветную маслянистую жидкость со слабым запахом.

3.837 мг вещества: 8.328 мг CO_2; 2.445 мг H_2O

$C_7H_{10}O_3$:

вычислено: C 59.12; H 7.09

найдено: C 59.19; H 7.13

r-изопилоповый алкоголь

r-изопилоповый альдегид был переведен в соответствующий алкоголь восстановлением амальгамированным алюминием во влажном эфире по методу Вислиценуса([5]). Отфильтрованный эфирный раствор упаривается в вакууме и оставшийся алкоголь подвергается перегонке.

Кр 0.07 = 116—117°.

Восстановлению амальгамированным алюминием с успехом можно подвергнуть непосредственно продукт, полученный от реакции Розенмунда, без перегонки его в вакууме. Выход 77% теории на взятый хлорангидрид.

Бесцветная жидкость без запаха.

I. 3.513 мг вещества: 7.554 мг CO_2; 2.502 мг H_2O
II. 3.276 мг вещества: 7.014 мг CO_2; 2.502 мг H_2O

$C_7H_{12}O_3$:
вычислено: C 58.30; H 8.40
найдено: I. C 58.64; H 7.97
II. C 58.39; H 8.55

r-изопилопилбромид

3.73 г *r*-изопилопового алкоголя растворяют в 3.6 г хлороформа и приливают постепенно раствор 1.7 г трехбромистого фосфора в 10.6 г хлороформа. Затем реакционная масса нагревается в течении 9 часов на водяной бане при 70—80°, после чего хлороформ отгоняют и прибавляют 15—20 $см^3$ ледяной воды до ясного образования двух слоев. Бромид, находящийся в нижнем слое, отделяют, промывают небольшим количеством воды, сушат сернокислым натром и перегоняют в вакууме.

Кр 0.06 = 91°. Выход 93% теории.

Бесцветная тяжелая жидкость.

0.1075 г дали 0.0972 г AgBr

$C_7H_{11}O_2Br$ (M = 207.008):
вычислено: Br 38.61
найдено: Br 38.48

r-изопилопилиодид

4.5 г бромида смешивают с раствором 3.3 г иодистого натрия в 22 $см^3$ сухого ацетона и оставляют на ночь при комнатной температуре. Выпавший осадок бромистого натрия отфильтровывают, от фильтрата отгоняют $^2/_3$ ацетона и остаток выливают в воду. Выпавшее масло отделяют, обесцвечивают встряхиванием со ртутью, сушат сернокислым натром и перегоняют в вакууме.

Кр 0.13 = 94°. Выход 90% теории.

Тяжелая чуть желтоватая жидкость.

Нитрил *r*-гомоизопилоповой кислоты

2.91 г *r*-изопилопилиодида растворяют в 4.5 $см^3$ абсолютного спирта и прибавляют 0.745 г тонко измельченного цианистого калия. Смесь нагревают при частом взбалтывании 10 часов на водяной бане, по охлаждении фильтруют, спирт отгоняют в вакууме. Оставшуюся жидкость снова фильтруют, сушат сернокислым натром и перегоняют в пределах 112—118° при 0.3 мм. Выход 78% теории. Бесцветная жидкость.

8.10 мг вещества дали при 750 мм и 24° 0.632 $см^3$ N

$C_8H_{11}O_2$ (M = 153.096):
вычислено: N 9.15
найдено: N 8.62

Этиловый эфир *r*-гомоизопилоповой кислоты

1.63 г нитрила растворяют в 0.5 $см^3$ абсолютного спирта и к раствору медленно приливают через холодильник охлажденную смесь 2.1 $см^3$ абсолютного спирта и 1.58 $см^3$ концентрированной серной кислоты и нагревают 2 часа на кипящей водяной бане. Затем реакционную смесь выливают в ледяную воду (45 $см^3$), выпавшее масло извлекают эфиром, сушат экстракт сернокислым натром, отгоняют эфир и перегоняют оставшееся масло в вакууме.

Кр 0.05 = 98°. Выход 65.7% теории.

Подвижное бесцветное масло.

3.072 мг вещества: 6.726 мг CO_2; 2.235 мг H_2O

$C_{10}H_{16}O_4$ (200.13):
вычислено: C 59.96; H 8.06
найдено: C 59.71; H 8.14

r-гомоизопилоповая кислота

1.4 г гомоизопилопового эфира нагревают с избытком 15% соляной кислоты в течение 9 часов. По охлаждении вода и соляная кислота отгонялись в вакууме.

Для очистки гомоизопилоповой кислоты от небольшого количества примесей, остаток нейтрализовался 10% раствором бикарбоната, и раствор экстрагировался эфиром. К очищенному таким образом раствору натровой соли гомоизопилоповой кислоты прибавлялась соляная кислота до реакции на конго, и производилось многократное экстрагирование эфиром. Эфирный экстракт сушился сернокислым натром, эфир отгонялся, и оставшаяся в виде бесцветного масла гомоизопилоповая кислота подвергалась перегонке в вакууме.

$$Kp\ 0.1 = 155°.$$

Перегнанная кислота закристаллизовывается, и после кристаллизации из эфира получается в виде белоснежных кристаллов с температурой плавления 74.2°.

3.724 мг вещества: 7.584 мг CO_2; 2.320 мг H_2O

$C_8H_{12}O_4$ (172.1):
вычислено: C 55.78; H 7.03
найдено: C 55.54; H 6.98

В заключение считаем необходимым выразить благодарность академику А. Е. Чичибабину, давшему толчок нашим работам в этой области. Институт „Ласин“ Академии Наук и авторы статьи считают своим долгом выразить благодарность Комитету по химизации народного хозяйства СССР за длительную поддержку и финансирование данной работы.

Лаборатория по исследованию и синтезу растительных и животных продуктов Академии Наук. Москва.

Поступило 28 III 1934.

CHEMISTRY

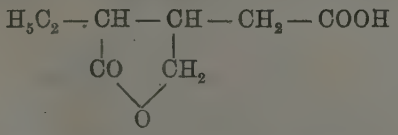
THE SYNTHESIS OF HOMOPILOPIC ACIDS

By N. PREOBRAŽENSKIJ, A. POLĬAKOVA, and V. PREOBRAŽENSKIJ

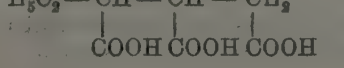
(*Communicated by A. Favorskij, Member of the Academy, 28. III. 1934*)

Natural homopilopic acid is a product of the oxidation decomposition of the alkaloid pilocarpine.

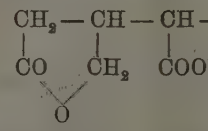
It was obtained for the first time by Jowett [1] as a product of the oxidation of isopilocarpine and pilocarpine by potassium permanganate. This author assigned to the homopilopic acid the structure



which follows from the fact that on fusing homopilopic acid with potassium hydroxide, *r*-ethyltricarballylic acid is obtained:



Jowett has proved the structure of the latter by synthesis. However, his proof does not exclude the possibility of another formula for homopilopic acid, viz.:



This second formula has been lately rejected owing to the investigations of Shiro Akabori and Numana (2), who have proved that 1-methyl-5-amylimidazole obtained by Jowett from pilocarpine has an *n*-amyl-radical, and not a branching side chain. But the final proof of the structure of homopilopic acid is its complete synthesis from pilopic acid previously obtained by us from bromobutyric and malonic esters (3).

The natural homopilopic acid obtained by Jowett is a non-crystallizing syrup with a stretched boiling point. It is a mixture of stereoisomers and contains a certain quantity of pilopic acid.

Somewhat purer stereoisomeric homopilopic acids may be derived from the saponification ot the methylamides of these acids obtained according to Langenbeck's method (4) by the action of ozone upon pilocarpine and isopilocarpine and subsequent decomposition of the ozonides by water. Even in this case, however, only liquid isomeric homopilopic acids have been obtained.

We have been working at the synthesis of homopilopic acid for a long time and have tried several methods.

The advantage of the method we decided upon is that it allows to synthetize successfully all the optically active and racemic acids, since the starting-point in our synthesis is the pilopic acid obtained by us before in four optically active and two racemic forms. We proceeded as follows.

Pilopic acid was converted into the corresponding chloranhydride, which was reduced according to Rosenmund to an aldehyde. The aldehyde was then reduced by amalgamated aluminium to pilopic alcohol. The latter was converted into a bromide by the action of phosohorus tribromide. In order to obtain subsequently a better yield of cyanide, the bromide was converted into an iodide. The latter was converted in its turn into a nitrile of homopilopic acid by heating in an alcohol solution with potassium cyanide. The saponification of this nitrile was effected very easily through the stage of ester, i. e. by treating the nitrile with an alcohol solution of sulphuric acid. Homopilopic ester was converted into homopilopic acid by saponifying it with diluted hydrochloric acid.

EXPERIMENTAL

Chloranhydride of *r*-isopilopic acid

20 g of *r*-isopilopic acid and 60 g of thionylchloride are heated with a cooler during 8 hours, first at 60°, and the last 2 hours at 80—90°. The excess of thionylchloride is distilled off in a vacuum, and to remove its traces dry benzene is repeatedly added and distilled off (10 cm^3 10 times). The chloranhydride obtained is distilled in a vacuum.

Boiling point at 0.05—90.2°. Yield — 20 g, i. e. 90% of the theoretical value.

It is a colourless mobile liquid that absorbs moisture upon exposure to the air and is converted into isopilopic acid.

r-isopilopic aldehyde

The chloranhydride of *r*-isopilopic acid is reduced by Rosenmund's method. For this purpose a current of dry hydrogen is passed through a boiling solution of 5.44 g of the substance in 27 cm^3 of dry xylene in the presence of a palladium catalyst.

In two hours the evolution of hydrogen chloride ceases, and the reduction may be considered to be at an end. The heating is then discontinued, and the mass resulting from the reaction is allowed to cool down to room temperature in a current of hydrogen. Then it is filtered, the solvent distilled off, and the residual oil subjected to distillation in a vacuum.

Boiling point at 0.5—90°. Yield — 3.28 g, i. e. 75% of the theoretical value.

The aldehyde is a colourless oily liquid with a slightly perceptible odour.

3.837 mg of substance: 8.328 mg of CO_2; 2.445 mg of H_2O

$C_7H_{10}O_3$:

calculated: C — 59.12; H — 7.09

found: C — 59.19; H — 7.13

r-isopilopic alcohol

r-isopilopic aldehyde is reduced by amalgamated aluminium in moist ether by Wislicenus's method ([5]), and thus the corresponding alcohol is obtained. The filtered ether solution is evaparated in a vacuum, and the residual alcohol is subjected to distillation.

Boiling point at 0.07—116—117°.

The product of Rosenmund's reaction may be reduced by amalgamated aluminium directly, without being distilled in a vacuum.

The yield is 77% of the theoretical value relative to chloranhydride taken for the experiment. The *r*-isopilopic alcohol is a colourless liquid without odour.

I. 3.513 mg of substance: 7.554 mg of CO_2; 2.502 mg of H_2O

II. 3.276 mg of substance: 7.014 mg of CO_2; 2.502 mg of H_2O

$C_7H_{12}O_3$:

calculated: C—58.30; H—8.40

found: I. C—58.64; H—7.96

II. C—58.39; H—8.55

r-isopilopilbromide

3.73 g of *r*-isopilopic alcohol are dissolved in 3.6 g of chloroform and a solution of 1.7 g of phosphorus tribromide in 10.6 g of chloroform is added little by little. Then the mass resulting from the reaction is heated during 9 hours on a water bath at 70—80°, after which the chloroform is distilled off and 15—20 cm^3 of ice-cold water are added until two distinct layers are formed. The bromide, which is contained in the lower layer, is separated, washed with a small amount of water, dried with sodium sulphate, and distilled in a vacuum.

Boiling point at 0.6—91°. Yield — 93% of the theoretical value.

The substance in question is a heavy liquid.

0.1075 g gave 0.0972 g of AgBr

$C_7H_{11}O_2Br$ ($M = 207.008$):

calculated: Br — 38.61

found: Br — 38.48

r-isopilopiliodide

4.5 g of the bromide are mixed with a solution of 3.3 g of sodium iodide in 22 cm^3 of dry acetone and allowed to stand overnight at room temperature. The precipitate of sodium bromide is filtered off, $^2/_3$ of the acetone are distilled from the filtrate, and the residuum is poured into water.

The oil precipitate is separated, discoloured by shaking up with mercury dried with sodium sulphate, and distilled in a vacuum.

Boiling point at 0.13—94°. Yield — 90% of the theoretical value.

The substance in question is a slightly yellowish liquid.

The nitrile of *r*-homoisopilopic acid

2.91 g of *r*-isopilopiliodide are dissolved in 4.5 cm³ of absolute alcohol, and 0.745 g of finely ground potassium cyanide are added to the solution. The mixture is heated during 10 hours on a water bath, being frequently shaken up. On cooling it is filtered, agd the alcohol is distilled off in a vacuum. The residual liquid is filtered again, dried with sodium sulphate, and distilled at 112—118° at 0.3 mm.

Yield — 78% of the theoretical value.

The substance in question is a colourless liquid.

$C_8H_{11}O_2$ (M = 153.096):
8.10 mg of substance gave 0.632 cm² of N at 750 mm and 24° — calculated: N — 9.15
found: N — 8.62

Ethyl *r*-homoisopilopic ester

1.63 g of the nitrile are dissolved in 0.5 cm³ of absolute alcohol, a cooled mixture of 2.1 cm³ of absolute alcohol and 1.58 cm³ of concentrated sulphuric acid are slowly added to the solution through a cooler, and the whole is heated for two 2 hours on a boiling water bath. The resulting mixture is poured into ice-cold water (45 cm³), the precipitated oil is extracted with ether, the extract is dried with sodium sulphate, the ether is extracted, and the residual oil is distilled in a vacuum.

Boiling point at 0.05—98°. Yield — 65.7% of the theoretical value.

The substance in question is a mobile colourless oil.

$C_{10}H_{16}O_4$ (200.18):
3.072 mg of substance: 6.726 mg of CO_2; 2.235 mg of H_2O — calculated: C—59.96; H—8.06
found: C—59.71; H—8.14

r-homoisopilopic acid

1.4 g of homoisopilopic ester are heated with an excess of 15% hydrochloric acid during 9 hours. On cooling, the water and the hydrochloric acid are distilled off in a vacuum.

In order to cleanse the homoisopilopic acid of impurities present in small quantities, the residuum is neutralized by a 10% solution of sodium bicarbonate, and the solution is extracted with ether. Hydrochloric acid is added to the thus cleansed solution of a sodium salt of homoisopilopic acid until the solution reacts to congo paper, and the resulting mixture is extracted with ether over and over again. The ether extract is dried with sodium sulphate, the ether is distilled off, and the homoisopilopic acid obtained in the form of a colourless oil is distilled in a vacuum.

Boiling point at 0.1—155°

The distilled acid crystallizes, and on crystallizing from ether is obtained in the form of snow-white crystals whose melting point is 74.2°.

$C_9H_{12}O_4$ (172.1):
3.724 mg of substance: 7.584 mg of CO_2; 2.320 mg of H_2O — calculated: C—55.78; H—7.03
found: C—55.54; H—6.98

In conclusion we must acknowledge our indebtedness to Academician A. Tchitchibabin whose suggestions prompted us to start the present work.

Thanks are also due to the Committee on Chemization of the National Economy of the USSR for support over a long period of time and financing of the present work.

Laboratory for the Investigation and Synthesis of Vegetable and Animal Substances, Academy of Sciences. Moscow.

Received 28. III. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

[1] Journ. Chem. Soc., 79, 1343, 1369 (1901). [2] B., 66, 159 (1933). [3] B., 63, 460—470 (1930). [4] B., 57, 2072 (1924). [5] Journ. pr. Chem., 54, 61 (1896).

ХИМИЯ

В. С. САДИКОВ, В. Н. МЕНЬШИКОВА, Р. Г. КРИСТАЛЛИНСКАЯ, Е. В. ЛИНДКВИСТ-РЫСАКОВА, Е. Г. ХАЛЕЦКАЯ, А. Г. ПЕСИНА и Л. Н. РУБЕЛЬ

КАТАЛИТИЧЕСКОЕ РАСЩЕПЛЕНИЕ СЫВОРОТОЧНОГО КРОВЯНОГО БЕЛКА ПОСРЕДСТВОМ 3% СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

(*Представлено академиком А. А. Рихтером 7 V 1934*)

Белок, полученный при коагуляции кровяной сыворотки, был подвергнут автоклавному расщеплению при 180° в течение 2 часов посредством 3% водного раствора H_2SO_4.

Продукт расщепления состоял из: 1) газовой фазы, содержащей CO_2, H_2S и летучие азот-содержащие органические вещества; 2) твердой фазы, богатой гуминовым азотом (11.9%); 3) жидкой фазы, содержащей главную часть продуктов каталитического расщепления (86.4%).

В газовую фазу переходит 13% общего азота, и 87% остается в двух других фазах. Кислотность автоклавного гидролизата уменьшается до 1% вследствие разложения карбаминильных групп белка и образования аммиака.

Жидкая фаза катализата не представляет собою еще окончательной стабилизации продуктов расщепления белка. При последующем 36-часовом открытом водном гидролизе катализата с 25% HCl наблюдается ряд изменений в составе катализата, выражающихся в раскрытии циклопептидов и образовании за их счет аминокислот. Происходит незначительное уменьшение амидного (определяемого по Фолину) азота. Наблюдается увеличение аминоазота, определяемого в приборе ван-Слайка. Количество диаминоазота остается без изменения.

При гидролизе катализата имеет место разрушение некоторых аминокислот: 1) тирозина, которого в белке было 5.12%, а в жидкой фазе катализата 4.83%; в гидролизате он сохранился лишь в количестве 3.72%. 2) Триптофан уменьшился при катализе, но не изменился при гидролизе (0.74% и 0.65%); в белке его было 1.33%. 3) Цистин оказался мало устойчивым как по отношению к катализу 3% серной кислотой, так и по отношению к гидролизу 25% соляной кислотой. Цистина в белке было 3.73%, в катализате 2.10%, в гидролизате 1.3%.

Жидкая фаза катализата представляла собою весьма сложную смесь разнообразных веществ, среди которых преобладали соединения с азотом, не определяемым по ван-Слайку; они могли состоять как из циклопепти-

дов (циклодипептидов и циклотрипептидов), так и из пролиновых и оксипролиновых производных или из диаминокислот, полипептидов и гетероциклов нециклопептидного типа.

Фракционирование жидкой фазы было осуществлено посредством последовательного извлечения кислого водного раствора катализата эфиром, хлороформом и уксусноэтиловым эфиром.

Эфирная вытяжка дала общий выход 8.5%, считая на сухое вещество жидкой фазы или 7.5% по отношению к безводному и беззольному белку. Она состояла из трех подфракций: 1) твердой, трудно растворимой в эфире (3.2%), 2) смолообразной, нерастворимой в эфире (1.9%), 3) сиропообразной, легко растворимой в эфире (3.4%). Все эти фракции представляли собою смешения циклопептидов; они лишены α-аминоазота, определяемого в приборе ван-Слайка. Содержание общего азота, считая на сухое вещество фракции, равно в 1-й—11.4%, во 2-й—2.6%, в 3-й—7.7%. В составе 1-й подфракции находится тирозин (11.3), цистин (2.65%), метионин (2.77%); в 3-й небольшое количество тирозина (1.74%) и триптофана (1.1%).

При гидролизе 1-й подфракции образуется аминоазот, составляющий 90.8% общего азота фракции. 3-я подфракция дает после 36-часового гидролиза только 78.2% аминоазота.

Вещества 1-й подфракции после дробной кристаллизации как из ледяной уксусной кислоты, так и из уксусноэтилового эфира дали индивидуальные соединения циклопептидного типа: одно с т. пл. 273°, другое с т. пл. 223°, третье с т. пл. 202° и, наконец, остаточный сироп.

Хлороформная вытяжка катализата дала выход циклопептидов в 9%; она состояла из двух подфракций: 1-й — твердой, трудно растворимой в хлороформе, 2-й — сиропообразной, легко растворимой в хлороформе.

1-я содержала 10.4% азота (общего), 2-я 7.8%; ни в той, ни в другой не было аминоазота. В 1-й подфракции содержался тирозин (9.3%) и триптофан (1.1%). После 36-часового гидролиза 25% HCl—82.9% общего азота подфракции состоит из α-амино групп.

Уксусно-этиловый экстракт дал выход в 3.8%; он содержал сиропообразное вещество с общим количеством азота в 4.98%. Аминоазот, определяемый по ван-Слайку, незначителен и увеличивается после гидролиза. Этот экстракт заключает в себе циклопептиды, имеющие в своем составе тирозин (8.95%), триптофан (3.15%), гистидин (0.82%) и цистин (1.71%).

Остаточный катализат обогащен общим азотом (15.7% вместо 13.4% в начальном катализате) он содержит амидный азот, определяемый по Фолину, аминный азот, определяемый по ван-Слайку, азот, не определяемый по ван-Слайку (пролиновый, циклопептидный и гетероциклический). После гидролиза остаточного катализата амидный азот не испытывает изменения, равно как и гуминовый азот. Азот моноаминокислот увеличивается с 4.29% до 5.38%. Если до гидролиза в остаточном катализате количество азота, не определяемого по ван-Слайку, было 67.3%, считая отношение его к общему азоту за вычетом азота, определяемого по Фолину, то после гидролиза 25% HCl это отношение падает до 50%. Таким образом половина нелетучего азота находится не в составе аминокислот типа циклопептидов, способных расщепляться на аминокислоты, а представляет собою в небольшой своей части иминокислоты (пролин, оксипролин), а, главным образом, гетероциклы не циклопептидного типа.

Белковая лаборатория Ленинградского института пищевой промышленности.

Поступило 17 IV 1934.

KATALYTISCHE SPALTUNG VON SERUMALBUMIN MITTELS 3%-IGER SCHWEFELSÄURE

V. SADIKOV (SSADIKOW), V. MENŠIKOVA, R. KRISTALLINSKAJA, E. LINDQUIST-RYSAKOVA, E. HALECKAJA, A. PESINA und L. RUBEL

(*Vorgelegt von A. Richter, Mitglied der Akademie, d. 7. V. 1934*)

Serumalbumin wurde einer autoklaven Spaltung bei 180° 2 Stunden lang mit 3%-iger H_2SO_4 unterworfen. Das Katalysat bestand: 1) aus einer Gasphase, welche NH_3, CO_2, H_2S und flüchtige organische stickstoffhaltige Stoffe enthielt (1.17%); 2) Aus einer festen Phase, welche reich an Huminstoffen war (11.9%); 3) aus einer flüssigen Phase, welche die Hauptmenge der Produkte der katalytischen Spaltung bildete (86.4%). In die Gasphase geht 13% des Gesamtstickstoffs über, und 87% des Sticktoffs verteilt sich unter den zwei übrigen Phasen. Der Säuregehalt des Katalysats wird um 2% vermindert, was durch die Zersetzung von Karbaminylgruppen des Eiweisses bedingt wird, wobei NH_3 gebildet wird.

Die flüssige Phase des Katalysats kann man nicht als stabilisierten Spaltungszustand betrachten, denn bei nachfolgender 36 stündiger offener hydrolytischer Spaltung mit 25% HCl erleidet das Katalysat eine Reihe von Umwandlungen, welche sich nicht nur durch Öffnen von Zyklopeptidringen und durch Bildung von Aminosäuren ergänzen.

Dabei wird auch eine Abnahme von Folin'schem Amidstickstoff wahrgenommen und eine Vermehrung des van Slyke'schen Aminostickstoffs beobachtet.

Der Diamino-Stickstoff bleibt unverändert. Bei der Hydrolyse des Katalysats erfolgt die Zerstörung einiger Aminosäuren: Tyrosin, dessen Gehalt an Eiweiss 5.12% betrug und der sich in der flüssigen Phase einer Menge von 4.83% vorfand, war nach der Hydrolyse des Katalysats nur in einer Menge von 3.72% zurückgeblieben. Tryptophan verminderte sich bei der Katalyse des Eiweisses von 1.33% auf 0.74%, blieb aber nach der Hydrolyse des Katalysats unverändert (0.65%). Zystin erwies sich als wenig beständig sowie der Katalyse als auch der Hydrolyse gegenüber (3.73% im Eiweiss, 2.10% im Katalysat, 1.3% im Hydrolysat).

Die flüssige Phase besteht aus einem sehr komplizierten Gemenge verschiedenartiger Substanzen, unter welchen Verbindungen prävalieren, in denen keine Aminogruppen vorhanden sind. Diese Verbindungen bestehen entweder aus Zyklopeptiden (Zyklodipeptiden und Zyklotripeptiden) oder aus Prolinderivaten, oder aus Diaminosäuren und Polypeptiden, oder aus heterozyklischen nicht zyklopeptidartigen Komplexen.

Die Fraktionierung der flüssigen Phase wurde durch erschöpfende Extraktion des sauren Katalysats mit Äther, Chloroform und Essigäther ausgeführt.

Der Äther-Auszug gab eine Ausbeute von 8.5% auf Trockensubstanz der flüssigen Phase berechnet oder 7.5% in Bezug auf wasser- und aschefreies Eiweiss. Er bestand aus 3 Fraktionen: 1) einer festen, in Äther schwer löslichen Fraktion (3.2%); 2) einer harzartigen, in Äther unlöslichen Fraktion (1.9%); 3) einer syrupartigen, in Äther leicht löslichen Fraktion (3.4%). Alle diese Fraktion bestehen aus Gemengen von Zyklopeptiden; sie

enthalten keinen van Slyke'schen Stickstoff. Der Gehalt an Gesamt-Stickstoff beträgt, auf die Trockensubstanz der Fraktionen bezogen, für Fraktion I—11.4%, für Fraktion II—2.6%; für Fraktion III—7.7%. In Fraktion I befindet sich Tyrosin (11.3%), Zystin (2.65%), Methionin (2.77%). In der Fraktion II fehlt das Tyrosin, findet sich aber Tryptophan (1.1%) vor.

Bei der Hydrolyse der ersten Fraktion bildet sich Aminostickstoff, welcher bis 90.8% des Gesamt-Stickstoffs ausmacht. Fraktion II gibt nach 36-stündiger Hydrolyse mit HCl nur 78.2% Aminostickstoff. Aus Fraktion I des Äther-Auszuges wurden durch fraktionierte Kristallisation aus Eisessig oder aus Essigäther Zyklopeptiden mit Schmelzpunkten von 273°, 223° und 202° ausgeschieden.

Der Chloroform Auszug des Katalysats lieferte etwa 9% Zyklopeptiden, auf die Trockensubstanz des Katalysats bezogen; er besteht aus zwei Fraktionen: 1) einer festen, in Chloroform schwer löslichen Fraktion; 2) einer syrupartigen, in Chloroform leicht löslichen Fraktion. Fraktion I enthält 10.4% Stickstoff, Fraktion II—7.8%. In beiden Fraktionen fehlt der Aminostickstoff.

Fraktion I enthält Tyrosin (9.3%) und Tryptophan (1.1%). Nach der Hydrolyse mit 20% HCl wird der grösste Teil des Gesamt-Stickstoffs als Aminostickstoff ermittelt.

Der Essigäther-Auszug gab eine 3.8% Ausbeute und bestand aus syrupartigen Substanzen mit 4.98% Gesamt-Stickstoff. Aminostickstoff war nicht vorhanden, fand sich aber nach der Hydrolyse mit HCl vor.

Der Essigäther-Auszug besteht aus Zyklopeptiden und enthält Tyrosin, Tryptophan, Histidin und Zystin.

Das mit obenerwähntem Lösungsmittel erschöpfte Katalysat ist mit Stickstoff angereichert (15.7% anstatt 13.4%); es enthält 1) Aminostickstoff (bestimmbar nach van Slyke); 2) Amidstickstoff (bestimmbar nach Folin); 3) einen nach van Slyke nicht bestimmbaren Stickstoff (Proline, Zyklopeptide, Heterozyklen).

Nach der Hydrolyse des rückständigen Katalysats bleibt der Aminostickstoff unverändert. Der Monoaminostickstoff vermehrt sich von 4.29% auf 5.38%. Vor der Hydrolyse betrug die Menge des nicht-Slyke'schen Stickstoffs im rückständigen Katalysat 67.3%, in Bezug anf den Gesamt-Stickstoffgehalt ohne Amidstickstoff; nach der Hydrolyse ging sich dieses Verhältnis auf 50% zurück.

Daraus kann gefolgert werden, dass sich die Hälfte des nicht flüchtigen Stickstoffs nicht in Form von Aminosäuren oder von Zyklopeptiden, welche in Aminosäuren gespaltet werden können, vorfindet, sondern teilweise Iminosäuren (Prolin und Oxyprolin), zum grössten Teil aber heterozyklische Verbindungen bildet.

Laboratorium für Eiweisschemie
des Instituts für Nahrungsmittel-Industrie.
Leningrad.

Eingegangen
d. 17. IV. 1934.

БИОХИМИЯ

Д. М. МИХЛИН и З. Н. ЗАПРУДСКАЯ

СИНТЕЗ ЖИРА В МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЕ

(Представлено академиком А. Н. Бахом 4 V 1934)

Несмотря на огромное значение ферментов в процессах биохимического синтеза, число экспериментальных синтезов, полученных вне организма в лабораторных условиях, очень ограничено. Они касаются, главным образом, химических реакций, неимеющих решающего значения в образовании таких важнейших веществ, как белки и углеводы. Хотя давно известен синтез пластеинов из промежуточных продуктов гидролиза белка, но до сих пор не получен еще экспериментальным путем ферментативный синтез аминокислот. В области углеводов экспериментальный энзиматический синтез доказан лишь на образовании некоторых дисахаридов, как то — мальтозы [Хилл (1)], изолактозы [Фишер (2)], сахарозы [Опарин и Курсанов (3)] и молочного сахара [Михлин и Левитов (4)]. Ничего неизвестно об участии ферментов в синтезе полисахаридов, этих наиболее важных биологических углеводов. Каждый ферментативный синтез приобретает, поэтому, особенное значение в изучении тех путей, коими идет образование в организме сложных веществ из более простых.

Лактирующая железа представляет собой орган, в котором образование белков, жиров и углеводов очень интенсивно. Участие же ферментов в образовании этих сложных веществ железы до последнего времени не было доказано. Больше того, Бродлей (5) пытался распространить вывод о неферментативном характере жирообразования в молочной железе на большинство (если не на все) синтезы в животном организме. К выводу Бродлея склоняется и Оппенгеймер (6). В последнее время Михлин и Левитов (4) получили ферментативным путем молочный сахар посредством лактазы молочной железы. В излагаемой работе доказана возможность ферментативного образования жира в молочной железе.

Происхождение жира молока объясняется различным образом. Одинаково вероятно происхождение жира молока как из жира пищи, так и из углеводов. Но как в том, так и в другом случае в конечной фазе процесса необходим синтез жира из глицерина и жирных кислот, так как жир молока обладает свойственным ему характерным составом, меняющимся в ограниченных лишь пределах в зависимости от рода пищи. Участие фермента в синтезе жира молока, однако, долгое время оставалось экспериментально недоказанным. При постановке наших опытов мы исходили из той мысли, что в таких обратимых гидролитических реакциях, как ферментативное разложение или образование жира, содержание воды в системе должно служить решающим моментом для положения точки равновесия. Прежние неудачные попытки получить посредством препаратов молочной железы ферментативный синтез жира можно объяснить значительным содержанием воды в смесях. Как показывают наши опыты (табл. 2, стр. 574), незначительные изменения в содержании воды сказываются на положении равновесия. Лучшие результаты получены при минимальном содержании воды.

В основном наш метод состоял в следующем: свежая лактирующая коровья железа тщательно отмывается от следов молока и измельчается мясорубкой. Кашица сушится ацетоном и эфиром. Для синтетических

целей обезвоживание ацетоном имеет большое значение. Такой препарат молочной железы может храниться под петролейным эфиром долгое время, не теряя своей активности. В опыт берется 0.1 г высушенного, освобожденного от петролейного эфира порошка и 5 кубиков смеси, состоящей из нормального бутилового спирта или глицерина и жирной кислоты. Большинство опытов проведено с масляной кислотой, которая входит в состав молочного жира. Концентрация ее в спирте или глицерине 0.6 N. Эта концентрация является оптимальной. Суспенсия встряхивается в термостате при 32°. Отдельные пробы титровались децинормальным спиртовым раствором едкого кали с тимолфталеином в качестве индикатора. О ходе синтеза судят по связыванию кислоты. Перед титрованием прибавлялось 2.5 см³ бутилового спирта, содержащего 1% петролейного эфира.

Таблица 1

Связывание жирной кислоты под действием фермента

№	Ушло 1N едкого кали в см³		
	В начале опыта	Через 6 часов	Фермент, нагретый до 75° в бутиловом спирте. Через 6 часов
1	2.8	2.3	2.6
2	2.8	2.5	2.6
3	2.7	2.4	2.6
4	2.8	2.3	То же
5	2.7	2.3	2.6
6	2.8	2.5	2.6
7	2.8	2.3	2.6

Таблица 2

Связывание кислоты в смеси с 10% воды

№	Ушло 1N едкого кали в см³		
	В начале опыта	Через 6 часов	Фермент, нагретый в бутиловом спирте Через 6 часов
1	1.1	1.0	1.1
2	1.1	1.0	1.1
3	1.1	1.0	1.1
4	1.1	1.0	1.1
5	1.1	1.2	1.2

Во всех опытах без прибавления воды наблюдается уменьшение свободной кислоты, что указывает на синтез. Размер синтеза не очень велик, в среднем составляет 12% в отношении взятой в опыт кислоты, но всегда имеет место в присутствии лактирующей железы. Контрольные

опыты с нагретым до 75° в бутиловом спирте препаратом показывали некоторое уменьшение кислотности, но это уменьшение кислотности никогда не равнялось изменению в нагретой пробе. Нагревание в спирте, повидимому, не ведет к полному инактивированию фермента. О значительной термостабильности липаз из разных органов сообщает также и Сим (7) в одной из своих последних работ.

Равновесие в отсутствии активаторов устанавливается через 6 часов. Совсем другое наблюдается при прибавлении активаторов — хлористого кальция, альбумина и желчи. Вильштеттер и его сотрудники показали, какую роль играют названные вещества в активировании поджелудочной липазы, активность которой может быть повышена в 50—90 раз (8). Такое активирующее действие может быть объяснено влиянием на коллоидное состояние ферментного „носителя“ или же связыванием каких-то веществ, задерживающих действие фермента. При прибавлении к препарату молочной железы названных активаторов липазы синтезирующая способность фермента резко усиливается.

Таблица 3

Синтез жира в присутствии активаторов

№	Активатор	Ушло при титровании 1N едкого кали в см³				Связано кислоты
		В начале опыта	Через 6 часов	Через 24 часа	Через 48 часов	
1	А	3.9	2.7	2.6	2.1	
	Хлор. кальц. 0.1	3.9	2.8	2.6	2.1	
2	Б	3.9	2.4	1.6	1.6	
	Желчь 0.1	3.9	2.6	2.6	2.4	
3	В	3.9	2.7	2.6	2.1	
	Хлор. кальц. и альбумин 0.1	3.9	2.9	2.7	2.7	

Таблица 4

Нагретый при 120° в течение часа препарат железы. Активаторы: желчь и альбумин, хлористый кальций

Активатор	Ушло при титровании 1N едкого кали в см³			Без активатора
	В начале опыта	Через 6 часов	Через 24 часа	
А				
Желчь	3.1	3.4	3.1	3.1
Б				
Хлористый кальций и альбумин	3.1	3.3	3.1	3.1

Равновесие в присутствии активаторов при оптимальных условиях сдвигается значительно в сторону синтеза, размеры которого достигают 50—60%, и устанавливается через несколько дней.

Мы имели, конечно, в наших опытах условия, далеко отличные от тех, в которых ферменту приходится действовать в живом организме. Чувствительность липазы к различного рода активаторам и парализаторам превосходит все то, что известно в этом отношении для других ферментов. Но прибавления хлористого кальция и желчи, этих „выравнивающих" активаторов по терминологии Вильштеттера (8) оказывается достаточным, чтобы в 4—5 раз усилить синтезирующее действие липазы молочной железы. Вывод некоторых исследователей о неферментативном образовании жира молока кажется нам, поэтому, преждевременным.

Биохимический институт
им. А. Н. Баха. Москва.

Поступило
4 V 1934.

BIOCHEMIE

SYNTHESE DES FETTS IN DER MILCHDRÜSE

Von D. MICHLIN und Z. ZAPRUDSKAJA

(*Vorgelegt von A. Bach, Mitglied der Akademie, d. 4. V. 1934*)

ZUSAMMENFASSUNG

Die älteren negativen Ergebnisse bei den Versuchen, eine Synthese der Fette durch die Milchdrüse zu erhalten, können dadurch erklärt werden, dass dabei günstige Bedingungen fur die Fermentwirkung nicht beschaffen wurden: Die Lypase ist von den noch unbekannten Begleitstoffen, die als Aktivatoren oder Paralysatoren wirken, sehr stark abhängig. Auch die Menge des Wassers in den Ansätzen ist für die Fermentwirkung von grosser Wichtigkeit. Schon mit einigen Aktivatoren, wie Kalziumchlorid und Galle steigt die Synthese der Fette durch trockene Acetonpräparate der Milchdrüse auf 50—60%.

Biochemisches Institut Bach.
Moskau.

Eingegangen
d. 4. V. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITERATUR

1 Trans. Chem. Soc., **83**, 578 (1903). 2 Chem. Ber., **27**, 343 (1894). 3 Bioch. Z., 204. 4 В печати. 5 Journ. Biol. Chem., **13**, 407, 419, 425, 431 (1913). 6 Die Fermente, I, 445, 483 (1925). 7 Bioch. Z., **262**, 406 (1933). 8 Z. f. physiol. Chem., **125**, 98, 132 (1923); **223**, 1 (1934).

Н. А. КРАСИЛЬНИКОВ

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПОЧВЕННЫХ МИКОБАКТЕРИЙ

(*Представлено академиком Г. А. Надсоном 5 V 1934*)

Микобактерии представляют собой одну из весьма распространенных групп микроорганизмов. Однако за исключением патогенных форм (туберкулезных, дифтерийных) они весьма слабо изучены. В литературе имеются лишь отдельные указания по физиологии [1, 2, 3, 4] и еще меньше по морфологии и циклу развития их [5, 6]. Эрско (Ørskow), а затем Иенсен [7] высказывают свои соображения о филогении, ставя их в связь с актиномицетами.

В настоящем кратком изложении привожу собственные наблюдения над развитием отдельных форм микобактерий, выделенных мной из почв Заволжья в 1932 году.*

Мной было выделено 35 штамов микобактерий. По своим культуральным и морфологическим признакам, а также истории развития, они более или менее отличаются друг от друга.

Наиболее типичные из них были изучены в висячей капле М. П. Ж. и в М. П. Б., шаг за шагом, и прослежен цикл их развития; большинство исследованы на разных питательных средах при разных условиях.

Привожу результаты этих исследований.

Внешний вид колоний у одних штамов слизистый, более или менее плоский, растекающийся по поверхности субстрата (шт. № 17); у других колония более плотная, гладкая, блестящая, тестообразной консистенции (шт. № 2); у третьих, более редко встречающихся, колония бугристая или зернистая, стелется пленкой по поверхности субстрата, но не срастается с ним и не проникает в него (шт. № 4).

По цвету колоний микобактерии бывают белые, розовато-желтые, розовые, красные и зеленовато-бурые. Все они хорошо развиваются на М. П. А., хуже, а некоторые вовсе не развиваются, на сусло-агаре. На естественных субстратах — ломтики картофеля, моркови — они развиваются не одинаково интенсивно, точно также и на многих искусственных средах.

История развития микобактерий менее разнообразна. У одних штаммов (№№ 1, 3, 17) сначала развиваются клетки палочкообразной формы 2.5—8×0.8 μ. Палочки обычно искривленные, часто с короткими боковыми ветками (фиг. 1 a); размножаются делением или почкованием, причем процесс почкования не связан с образованием веток (хотя это не исключается). Обычно, почки образуются на конце клетки; сначала в плазме под оболочкой появляется мелкое зернышко, густо красящееся метиленовой синькой и ядерными красками, затем оно выпячивается в виде бугорка на поверхности клетки (фиг. 1 b), увеличивается в размерах и достигает поперечника материнской клетки (фиг. 1 c). В этом состоянии почка имеет вид очень короткой палочки или кокка, связанного с материнской клеткой чуть заметной перетяжкой. Затем почка удлиняется, до-

* См. мою статью в „Природе", 1933, № 12.

стигает предельной величины и в свою очередь делится пополам или почкуется (фиг. 1d).

Процессы почкования и деления идут одинаково быстро. С каждым новым делением и почкованием клетки становятся короче и наконец они примерно через 1—2 суток достигают шарообразной формы (фиг. 2a). Шаровидные клетки продолжают иногда размножаться дальше, и вся культура становится похожей на бактерии из рода *Micrococcus* (фиг. 2b). Многие штамы (№№ 5, 6, 9 и др.) имеют палочковидную форму только в первые сутки развития или того меньше (12—16 ч.), затем они превращаются в кокки и в этом состоянии продолжают развиваться до конца роста культуры. Такие штамы сначала были отнесены мной к роду *Micrococcus* и лишь потом при культивировании на других средах (сусло, желатина, почвенная вытяжка с сахаром) выяснилась настоящая их природа.

Некоторые штамы микобактерий после более или менее длительного периода деления и почкования образуют внутри особые репродуктивные тельца, по виду и форме близко напоминающие так называемые „споры“ актиномицетов. Процесс образования их наблюдался в висячей капле и в массовых культурах в пробирках путем микроскопирования живых и окрашенных препаратов. Внутри клеток плазма сначала разбивается на отдельные участки или фрагменты, обычно на 3—5, чаще на 4 в каждой клетке (фиг. 3a), затем эти фрагменты слегка округляются, выявляют более или менее резко выраженные контуры и превращаются в отдельные, самостоятельные репродуктивные органы (фиг. 3b и c), которые по аналогии с актиномицетами пока обозначу „спорами“. Эти споры имеют округлую, часто неправильно шаровидную форму, 1 μ в диаметре, с крупным зерном метахроматина внутри (фиг. 3c). Оболочка материнской клетки по мере формирования и созревания спор становится все менее заметной и к концу этого процесса совсем не обнаруживается в живых неокрашенных препаратах. Но она долго не исчезает и более или менее ясно заметна при окраске клеток железным гематоксилином, фуксином, сафранином и другими красками. Такая оболочка в виде тонкой паутинки или мостика, связывает споры, вследствие чего последние остаются долгое время соединенными в короткие цепочки из 3—5 члевиков. Иногда цепочки состоят из 6—10 члеников и образуются из спор двух соседних клеток (фиг. 3d). Такие цепочки несколько похожи на стрептококки. Количественное образование спор у разных штамов различно: у одних много, у других они встречаются редко, причем, на одних средах больше, на других меньше.

Спора, оторвавшись от цепочки или находясь в ней, прорастает почкованием: на поверхности ее образуется бугорок — почка, которая вытягивается в палочкообразную форму, отгораживается поперечной перегородкой, отваливается и превращается в вегетативную клетку. Иногда образуются одновременно 2—3 таких выроста на одной споре. Часто споры при прорастании превращаются просто в вегетативные клетки: они удлиняются, становятся овальными или палочковидными и затем начинают размножаться почкованием или делением.

Такая последовательность в развитии микобактерий свойственна не всем формам. Нередко встречаются штамы типичных микобактерий, у которых клетки сохраняют свою палочковидную ветвящуюся форму, они не укорачиваются и не образуют кокковидных форм. Точно также не наблюдается у них образования спор или других каких-либо репро-

дуктивных форм, по крайней мере в условиях искусственного культивирования.

Реже встречаются штамы, которые по своему развитию и форме напоминают актиномицеты. Мной был выделен только один такой штам (№ 4). Цикл развития его таков: в первые сутки (1—2) на М. П. А. клетки палочковидные, изогнутые, довольно длинные (10—25 μ.), ветвящиеся, соединены часто в длинные мицелиевидные нити, которые легко распадаются на отдельные клетки. В дальнейшем некоторые клетки или ветки распадаются на короткие цилиндрические, или круглые тельца — „споры". На мало питательных средах поверхность колонии покрыта мучнисто-белым налетом, который состоит из коротких воздушных спорообразующих веток. „Споры" при пересеве на свежий питательный субстрат прорастают в длинные клетки. Такие штамы близко стоят к актиномицетам и являются промежуточными формами.

Фиг. 1, 2 и 3 — Abb. 1, 2 und. 3.

Таким образом намечаются три группы микобактерий, которые более резко отличаются друг от друга циклом развития, формой и величиной клеток.

1. Микобактерии с образованием кокковидных форм и „спор".
2. Микобактерии без кокковидных форм; спор также нет.
3. Микобактерии близкие к актиномицетам.

Массовое образование кокковидных форм у первой группы часто затрудняет их дифференцировку от микрококков. Как уже отмечалось выше, многие штамы на М. П. А. уже через 12—16 часов роста состоят сплошь из кокковидных клеток, и если такие штамы микроскопировать спустя 1—2 суток, как это и бывает обычно, то палочковидную стадию и ветвление можно не обнаружить, и культуры трудно отличить от микрококков.

Гюккер (8), а затем Конн (9), исследуя кокковидные формы бактерий, нашли, что многие из них резко меняют форму: превращаются в палочки, а эти последние спустя некоторое время переходят снова в кокки. Возможно, что в некоторых случаях эти авторы имели дело не с бактериями из *Coccaceae*, а с совершенно другой группой — *Mycobacterium*; тем более это вероятно, что Конн

неоднократно отмечает у таких бактерий наличие нитевидных, разветвленных форм.

Все приведенные здесь данные показывают, что почвенные микобактерии имеют своеобразный цикл развития. Образование „спор" как органов размножения и почкование являются вполне обычным явлением в этом цикле. Микобактерии являются весьма распространенными организмами в некоторых почвах, особенно в тех, где много гуминовых веществ. Не исключается возможность, что они принимают активное участие в переработке гумуса.

Работа выполнена под общим руководством академика Г. А. Надсона, за что приношу ему благодарность. Выражаю благодарность за товарищескую помощь и ценные указания Г. К. Бургвиц.

Микробиологическая лаборатория
Академии Наук. Ленинград.

Поступило
5 V 1934.

MIKROBIOLOGIE

DIE ENTWICKLUNGSGESCHICHTE DER BODENMYKOBAKTERIEN

Von N. KRASILNIKOV

(Vorgelegt von G. Nadson, Mitglied der Akademie, d. 5. V. 1934)

Die Mykobakterien stellen eine sehr verbreitete Gruppe von Mikroorganismen dar, die jedoch mit Ausnahme der pathogenen Formen (Tuberkel- und Diphteriebakterien) sehr wenig untersucht worden sind. In der Literatur finden wir nur vereinzelte Angaben über ihre Physiologie ([1,2,3,4]) und noch seltenere betreffend ihre Morphologie und ihren Entwicklungszyklus ([5,6]). Ørskow und darauf Jensen ([7]) äussern sich über die Phylogenie dieser Mikroorganismen, welche sie mit den Aktinomyceten in Zusammenhang bringen.

In der vorliegenden kurzen Mitteilung bringe ich meine eigenen Beobachtungen über die Entwicklung einzelner Formen von Mykobakterien, welche von mir im Jahre 1932 den Böden des Trans-Wolgagebietes entnommen wurden.*

Es wurden von mir 35 Stämme Mykobakterien isoliert.

Den kulturellen und morphologischen Merkmalen, sowie der Entwicklungsgeschichte nach unterscheiden sie sich mehr oder weniger von einander. Die am meisten charakteristischen von ihnen wurden in hängenden Tropfen von Bierwürze-Agar und Fleischpepton-Bouillon beobachtet zwecks Feststellung ihres Entwicklung-zyklus; die meisten der Mykobakterien wurden auf verschiedenen Nährböden und in verschiedenen Verhältnissen untersucht.

Unsere Untersuchungen brachten uns zu nachfolgenden Ergebnissen:

Ihrem Äusseren nach sind die Kolonien bei einigen Stämmen schleimig, mehr oder minder flach und über die Oberfläche des Substrats hin-

* Vgl. meinen Artikel in der Zeitschrift „Priroda" (die Natur), 1933, № 12.

fliessend (St. 17); bei anderen sind die Kolonien von festerer, teigartiger Konsistenz, glatt, glänzend (St. 2); noch andere Stämme, die seltener vorkommen, haben höckerige oder körnige Kolonien, die sich hautartig über die Substratoberfläche hinziehen, jedoch die letztere nicht durchdringen und mit ihr nicht verwachsen sind (Stamm 4).

Die Mykobakterien sind farblos oder gelblich-rosa, rosa, rot und grünlich-braun. Sie entwickeln sich gut auf Fleischpepton-Agar und weniger gut oder sogar überhaupt nicht auf Bierwürze-Agar. Auf natürlichen Substraten, als Kartoffel- und Möhrenscheibchen, sowie auf vielen künstlichen Nährböden, entwickeln sie sich mit ungleicher Intensität.

Was die Entwicklungsgeschichte der Mykobakterien betrifft, so ist sie weniger verschiedenartig. Bei Stämmen №№ 1, 3, 17 bilden sich anfangs stäbchenförmige Zellen von 2.5 — 8μ × 0.9μ. Die Stäbchen sind gewöhnlich gekrümmt, und oft mit kurzen Seitenzweigen versehen (Abb. 1); hell; die Vermehrung findet durch Teilung oder Sprossung statt, wobei der Sprossungsprozess mit der Bildung von Seitenzweigen nicht verbunden ist (obgleich letzteres nicht ausgeschlossen ist). Gewöhnlich bildet sich der Spross am Ende der Zelle; anfänglich erscheint im Plasma unter der Hülle ein feines Körnchen, das sich mit Methylblau oder andern Kernfarben färben lässt; (Abb. 1a) darauf wölbt es sich zu einem Höckerchen an der Oberfläche der Zelle (Abb. 1b), nimmt an Dimensionen zu und erreicht den Querdurchmesser der Mutterzelle (Abb. 1c, d). In diesem Zustande hat der Spross das Aussehen einer sehr kurzen Kette oder eines Kokkus, der mit der Mutterzelle mittels einer kaum merkbaren Verschnürung verbunden ist. Darauf zieht sich der Spross in die Länge, erreicht seine grössten Ausmasse und geht seinerseite zur Teilung oder Sprossung über (Abb. 1 e). Die Prozesse der Sprossung und der Teilung gehen gleich schnell vor. Die Zellen werden mit jeder neuen Teilung merklich immer kürzer und erreichen schliesslich nach etwa 1—2 Tagen eine kugelartige Form (Abb. 2). Die kugeligen Zellen vermehren sich weiter und die ganze Kultur erhält ein Aussehen, das demjenigen von Bakterien aus der Art der Mikrokokkus gleicht (Abb. 2 b). Viele Stämme (№№ 5, 6, 9 u. a. m.) behalten die Stäbchenform nur während der ersten 24 Stunden ihrer Entwicklung, oder sogar noch kürzere Zeit (12—16 Stunden), darauf verwandeln sie sich in Kokken (Abb. 3c) und entwickeln sich in diesem Zustande weiter, bis das Anwachsen der Kultur aufhört. Solche Stämme wurden von mir zuerst der Art der Mikrokokken eingereiht und erst später beim Kultivieren auf andern Nährböden (Bierwürze, Gelatine, Bodenextrakt mit Zucker) trat ihr eigentliches Wesen zutage, worauf hin sie in die Gruppe der Mykobakterien eingereiht werden müssen.

Einige Stämme von Mykobakterien bilden nach einer mehr oder minder anhaltenden Periode von Teilung und Sprossung im Inneren besondere reproduktive Körperchen, die nach Aussehen und Form an die Sporen der Aktinomyceten erinnern. Der Prozess ihrer Bildung in hängenden Tropfen und bei Massenkulturen in Reagenzgläsern wurde mittels mikroskopischer Behandlung lebender und gefärbter Präparate beobachtet. Im Inneren der Zellen zerfallt das Plasma anfangs in abgesonderte Teile oder Fragmente, wobei gewöhnlich in jeder Zelle 3—5, am häufigsten 4 Teile beobachtet wurden (Abb. 3 a); darauf runden sich diese Fragmente leicht ab, weisen mehr oder minder scharfe Konturen auf und verwandeln sich in einzelne selbständige reproduktive Organe (Abb. 3c), welche ich nach Analogie mit den Aktinomyceten vorläufig als „Sporen“ bezeichne. Diese Sporen haben eine rundliche, oft unregelmässig kugelige Form von 1μ im

Durchmesser mit grossen Metachromatinkörnern im Inneren (Abb. 3 d). Die Hülle der Mutterzelle wird nach Massgabe von Ausbildung und Heranreifen der Sporen immer weniger merkbar und ist zum Schluss des Prozesses in den lebenden nicht gefärbten Präparaten überhaupt nicht zu sehen. Doch bei Färbung der Zellen mit Eisen-Hämatoxylin, Fuchsin, Safranin und andern Farben schwindet die Hülle lange nicht und ist mehr oder minder deutlich zu sehen. Eine solche Hülle verbindet in Gestalt eines feinen Spinngewebes oder eines Brückchens die Sporen, weshalb letztere lange Zeit zu kurzen 4—5 gliederigen Kettchen vereint bleiben. Manchmal bestehen die Ketten aus 6—10 Gliedern und werden aus Sporen zweier benachbarter Zellen gebildet (Abb. 3b). Solche Ketten erinnern gewissermassen an Streptokokken. Die quantitative Bildung der Sporen variiert bei verschiedenen Stämmen. Bei einigen findet nach einer Reihe von Teilungen im Inneren beinahe sämtlicher Zellen Bildung von Sporen statt, bei andern sind letztere selten zu finden, auf einigen Nährböden häufiger, auf anderen seltener.

Die Sporen, welche sich entweder von der Kette ablösen, oder sich in derselben befinden, sprossen auf gewöhnliche Art, d. h. an der Oberfläche der Spore bildet sich ein Höckerchen — ein Spross, welcher sich zu einer stäbchenförmigen Bildung ausdehnt, sich durch eine Querwand abgrenzt, abfällt und sich in eine vegetative Zelle verwandelt. Manchmal bilden sich gleichzeitig 2—3 solche Auswüchse an einer Spore. Oft verwandeln sich die Sporen beim Durchwachsen einfach in vegetative Zellen: sie ziehen sich in die Länge, nehmen eine ovale stäbchenartige Form an und gehen dann zur Vermehrung über.

Ein solcher Entwicklungsverlauf der Mykobakterien ist nicht allen Formen eigen. Nicht selten kommen Stämme typischer Mykobakterien vor, deren Zellen ihre stäbchenartige z. Tl. verzweigte Form behalten, ohne sich zu verkürzen und ohne kokkenartige Formen zu bilden. Auch wird Bildung von Sporen oder irgend welchen reproduktiven Formen, wenigstens bei künstlichem Kultivieren, in solchen Zellen nicht beobachtet.

Noch seltener kommen Stämme vor die ihrer Entwicklung und Form nach an Aktinomyceten erinnern. Mir gelang es nur einen solchen Stamm zu erhalten (№ 4). Der Zyklus seiner Entwicklung ist folgender: während der ersten 24 Stunden auf Bierwürze-Agar sind die stäbchenähnlichen, gekrümmten, ziemlich langen (10—25μ) mit Seitenzweigen versehenen Zellen zu langen myceliumähnlichen Fäden vereint, welche leicht in einzelne Zellen zerfallen. Im weiteren teilen sich einige Zellen und Zweige in kurze zylindrische Körperchen — „Sporen". Auf wenig nahrhaften Substraten ist die Oberfläche der Kolonie mit einem mehlig-weissen Anflug bedeckt, der aus kurzen in die Luft ragenden sporenbildenden Zweigen besteht. Beim Umimpfen auf ein frisches nahrhaftes Substrat wachsen sich die Sporen zu langen Zellfäden aus. Solche Stämme stehen den Aktinomyceten nahe und sind als Zwischenformen anzusehen.

Es kommen demnach 3 Gruppen von Mykobakterien in Betracht, welche sich mehr oder minder scharf voneinander unterscheiden in bezug auf Entwicklungszyklus, Form und Grösse der Zellen:

1. Mykobakterien mit Bildung von kokkenähnlichen Formen und „Sporen".
2. Mykobakterien ohne kokkenähnliche Formen und ohne „Sporen".
3. Mykobakterien, die den Aktinomyceten nahe stehen.

Die massenhafte Bildung kokkenähnlicher Formen bei der ersten Gruppe erschwert oft ihre Differenzierung von den Mikokokken. Wie schon erwähnt wurde, bestehen viele auf Fleischpepton-Agar gezüchtete Stämme

schon nach 12—16 Stunden nur aus kokkenähnlichen Zellen, und wenn solche Stämme, wie es gewöhnlich der Fall ist, nach 24—48 Stunden mikroskopisch behandelt werden, so kann es vorkommen, dass das Stäbchenstadium und die Verzweigung nicht festgestellt werden und die Kulturen sich von den Mikrokokken schwer unterscheiden lassen.

Hücker[8] und darauf Conn[9] fanden bei ihren Untersuchungen kokkenähnlicher Formen der Bakterien, dass viele derselben ihre Form scharf ändern — sich in Stäbchen verwandeln, welch letztere nach einiger Zeit abermals die Kokkenform annehmen. Es ist möglich, dass genannte Autoren in einigen Fällen nicht mit kokkenähnlichen Bakterien, sondern mit einer ganz anderen Gruppe — den Mykobakterien — zu tun hatten; letzteres ist umsomehr wahrscheinlich, als Conn bei solchen Bakterien mehrfach das Bestehen von fadenähnlichen, verzweigten Formen erwähnt.

Sämtliche hier angeführte Daten zeigen, dass die Bodenmykobakterien einen eigenartigen Entwicklungszyklus haben. Die Bildung von „Sporen", welche als Vermehrungsorgane dienen, erscheint als ein normales Stadium in diesem Zyklus.

Die Arbeit wurde unter Leitung von Prof. D-r G. Nadson ausgeführt wofür ich ihm hiermit meinen tiefgefühlten Dank darbringe. Auch D-r G. Burgwitz bin ich für seinen freundschaftlichen Beistand und seine wertvollen Hinweise zu grossem Dank verpflichtet.

Mikrobiologisches Laboratorium der
Akademie der Wissenschaften.
Leningrad.

Eingegangen
d. 5. V. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITERATUR

[1] Merrill. Journ. of. Bacter., v. XXI, pp. 361, 375, 1931. [2] Braun, Stamatelakis u. Kondo. Bioch. Z., Bd. 145, S. 38, 1924. [3] Gray u. Thorton. Zentralbl. f. Bakter., II, Bd. 73, S. 74, 1927. [4] Kondo. Bioch. Z., Bd. 153, 1924; Bd. 155, S. 148, 1925. [5] Haag. Zentralbl. f. Bakter., II, Bd. 71, S. 1, 1927. [6] Vierling. Zentralbl. f. Bakter., II, Bd. 52, S. 193, 1931. [7] Jensen. Proc. Linn. Society, v. LVI, No 234, p. 79, 1931; No 236, p. 345. [8] Hucker. N. Y. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull., No 100, 1924. [9] Conn. N. Y. Agr. Exp. Sta. Bull., No 115, p. 3, 1925. — Conn. Zentralbl. f. Bakter., II, Bd. 76, S. 65, 1928.

Н. А. ХЛЕБНИКОВА и Г. В. БОЛОНДЗЬ

К БИОХИМИЧЕСКОМУ КОНТРОЛЮ ЖАРОСТОЙКОСТИ

(*Представлено академиком А. А. Рихтером 9 V 1934*)

В наших работах с высшими растениями (1) мы неоднократно наблюдали характерную реакцию растительного организма на воздействие высоких температур, именно: с повышением температуры тела растения в значительной мере изменяется содержание аминного азота в растении. При этом наблюдалась определенная связь жаростойкости растения с повышенной активностью протеолитических ферментов и усиленным накоплением NH_2-групп. Нам представлялось интересным проверить наши наблюдения и на низших организмах, тем более, что среди последних есть близкие расы с резко обособленным температурным оптимумом развития. Для них можно было ожидать совершенно различную картину динамики белковых соединений под влиянием повышенных температур.

Настоящая работа была нами проведена с двумя расами пивных дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, выращенными в совершенно различных условиях на заводе „Красная Бавария": 1) дрожжи низового брожения, культивируемые на заводе в течение 10—15 лет при +8° С и 2) дрожжи верхнего брожения, развивающиеся при +20° С. Питательной средой взята неохмеленная бражка.

Методика работы. Произведен засев 600 см³ пивной бражки в двух колбах Вюрца указанными расами *Saccharomyces cerevisiae*. Колбы оставлены при комнатной температуре +22° С в темном шкафу на трое суток для развития дрожжей. По истечении срока бражка из колб Вюрца при тщательном и равномерном взбалтывании разливалась в 4 колбы Эрленмейера по 100 см³ и оставлялась еще на сутки при различных температурах +22, +30, +42 и +8° С.

Оставшаяся в колбах Вюрца бражка шла на анализ общего и аминного азота и сухого веса дрожжей. Учтя, таким образом, в исходном материале содержание общего азота, мы могли наблюдать различные формы его превращения в течение опыта.

Общий азот учитывался по Кьельдалю; аминный азот — микрометодом ван-Слайка; сухой вес дрожжей определялся при помощи фильтрования бражки через фильтры Шлейхера и Шулля № 602 и высушивания последних вместе с осадком. Все анализы проведены в двукратной повторности и отнесены к 1 см³ бражки.

Температурное воздействие длилось сутки, после чего бражка анализировалась на содержание NH_2-групп и сухой вес дрожжей.

Разница между данными исходного и опытного материала дает нам представление о жизнеспособности дрожжевых клеток при той или иной температуре и о белковых превращениях субстрата.

Опыт 1. Дрожжи низового брожения

а) Рост дрожжей при различных температурах:

Сухой вес дрожжей в исходной бражке			68.76 мг
1)	после воздействия t + 8° C	66.86 „	Прирост дрожжей в % . . 4.64
2)	„ „ „ t + 22 „	67.49 „	„ „ „ „ „ . . 5.28
3)	„ „ „ t + 30 „	65.54 „	„ „ „ „ „ . . 2.71
4)	„ „ „ t + 42 „	68.77 „	„ „ „ „ „ . . 0.05

б) Количество NH_2-групп в бражке в % от общего N:

Количество NH_2-групп в исходной бражке			7.8%
1)	после воздействия t + 8° C	9 8	Прирост NH_2-групп в % . 2.0
2)	„ „ „ t + 22 „	10.7	„ „ „ . 2.9
3)	„ „ „ t + 30 „	8.8	„ „ „ . 1.0
4)	„ „ „ t + 42 „	7.8	„ „ „ . 0.0

Учет сухого веса дрожжей производился с целью иметь объективный показатель жизнеспособности дрожжевых клеток. Таким образом, динамика белка изучалась на фоне общего развития дрожжей.

Как видно из таблицы, для дрожжей низового брожения оптимальной температурой для развития дрожжевых клеток является от + 8 до + 22° C, после чего с повышением температуры наблюдается заметное угнетение роста дрожжей. Интересно, что кривая прироста аминного азота идет совершенно параллельно кривой прироста дрожжей, имея также вершину при + 22° C (см. фиг. 1, стр. 586).

Опыт 2. Дрожжи верхнего брожения

а) Рост дрожжей при разных температурах:

Сухой вес дрожжей в исходной бражке			61.28 мг
1)	после воздействия t + 8° C	64.90 „	Прирост дрожжей в % . 4.65
2)	„ „ „ t + 22 „	67.34 „	„ „ „ „ „ . 9.0
3)	„ „ „ t + 30 „	67.94 „	„ „ „ „ „ . 9.66
4)	„ „ „ t + 42 „	70 „	„ „ „ „ „ . 12.60

б) Количество NH_2-групп в бражке под влиянием различных температур в % от общего азота:

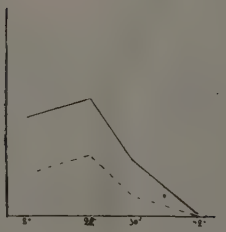
Количество NH_2-групп в исходной бражке			8.0 %
1)	после воздействия t + 8° C	8.07	Прирост NH_2-групп в % . 0.7
2)	„ „ „ t + 22 „	9.07	„ „ „ . 1.07
3)	„ „ „ t + 30 „	10.8	„ „ „ . 2.8
4)	„ „ „ t + 42 „	11.9	„ „ „ . 3.9

Опыт 2 показывает, что кривые прироста дрожжевых клеток и накопления аминного азота идут и здесь параллельно. Характерно, что дрожжи верхнего брожения, культивируемые на заводе при + 20° C, на воздействие высоких температур реагируют несколько иначе, чем дрожжи низового брожения: с повышением температуры от + 8 до + 42° C наблюдается непрерывный рост дрожжевых клеток. Активность протеолитических ферментов также увеличивается, вследствие чего значительно повышается содержание аминного азота (см. фиг. 2, стр. 586).

Таким образом на основании приведенных наблюдений мы можем констатировать, что:

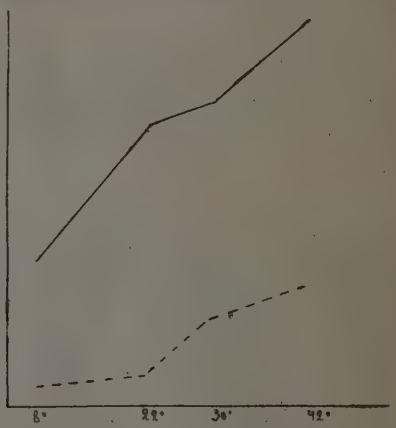
1) Температурный оптимум для роста дрожжевых клеток для двух испытуемых рас *Saccharomyces cerevisiae*, как и следовало ожидать, совершенно различен.

2) Наряду с приростом сухого веса дрожжевых клеток идет и прирост накопления аминного азота: характерно, что направление этих кривых в одних и тех же температурных пределах для дрожжей верхнего и нижнего брожения также совершенно различно.



Фиг. 1. Влияние различных температур на прирост дрожжевых клеток и накопление аминного азота дрожжей низового брожения.

Fig. 1. The influence of various temperatures on the growth of yeast cells and on the accumulation of nitrogen in yeast of bottom fermentation.



Фиг. 2. Влияние различных температур на прирост дрожжевых клеток и накопление аминного азота дрожжей верхнего брожения.

Fig. 2. The influence of various temperatures on the growth of yeast cells and on the accumulation of nitrogen in yeast of top fermentation.

——— Прирост в % сухого веса. — Increase in % of dry weight.
- - - - - Прирост в % аминного азота. — Increase in % of amino-nitrogen.

3) Последнее, подтверждая данные ранее цитированных работ, подчеркивает прямую зависимость динамики белкового комплекса от температурных соотношений и дает нам возможность считать энергию накопления аминного азота показателем стойкости организма к высоким температурам.

Лаборатория биохимии и физиологии растений Академии Наук. Ленинград

Поступило 9 V 1934.

PLANT PHYSIOLOGY

ON BIOCHEMICAL CONTROL OF HEAT RESISTANCE

By N. CHLEBNIKOVA and G. BOLONDZ

(*Communicated by A. Richter, Member of the Academy, 9. V. 1934*)

In our work with the higher plants (1) we have repeatedly observed a characteristic reaction of the plant organism to higher temperatures, namely, with a rise of body temperature of a plant its amino-nitrogen content

changes considerably and we also observed the existence of a definite relationship between the heat resisting powers of a plant and a heightened activity of the proteolytic ferments and an intensified accumulation of the NH_2-group. We considered it interesting to verify our observations on the lower plants also, especially as there are closely allied races among them with markedly different optimum temperatures for growth. It could be expected that they would show quite different dynamics of protein compounds under the influence of higher temperatures.

The present investigation was carried out by us on two races of beer yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) cultivated under quite different conditions in the brewery 'Krasnaya Bavaria': 1) yeast of bottom fermentation cultivated at the brewery already for 10—15 years at a temperature of + 8° C, and 2) yeast of top fermentation cultivated at + 20° C. Unhopped wort was the nutritive medium.

Methods. 600 cm^3 of beer wort in two Würtz flasks were inoculated with these two races of *Saccharomyces cerevisiae*. They were placed in a dark chamber for three days at room temperature of + 22° C. At the end of this time the flasks were thoroughly and uniformly shaken up and 190 cm^3 of it poured into each of 4 Ehrlenmeyer flasks and left for twenty four hours more at different temperatures of + 8, + 22, + 30, and + 42° C.

The wort remaining in the Würtz flasks was used for analyses of the total nitrogen and amino-nitrogen contents and of the dry weight of the yeast. Knowing, thus,the total nitrogen content in the material at the beginning of the experiment, we could follow up the various forms of its conversion during the course of the experiment.

The total nitrogen was determined by Kjeldahl method, the amino-nitrogen by the van Slyke micromethod, and the dry weight of the yeast by filtering the wort through the Schleicher and Schul No 602 filters and then drying these together with the sediment. All the analyses were twice repeated and referred to 10 cm^3 of wort.

The influence of temperature continued for 24 hours, and the wort was then tested for the content of NH_2-group and the dry weight of the yeast.

The difference between the data at the beginning and end of the experiment gives us a measure of the viability of the yeast cells at different temperatures and of the protein conversions of the substratum.

A record of the dry weight of yeast was made for the purpose of having an independent index of the viability of the yeast cells. Thus the dynamics of protein were studied on a background of the development of yeast.

Experiment 1. 'Bottom fermentation' yeast

a) Yeast growth at various temperatures:

	Dry weight of yeast in initial wort	63.76 gm	
1	" " " after temperature action of + 8° C	66.86 "	Yeast increase 4.64%
2	" " " " " " " + 22 "	67.49 "	" " 5.48
3	" " " " " " " + 30 "	65.54 "	" " 2.71
4	" " " " " " " + 42 "	63.77 "	" " 0.05

b) Quantity of NH_2-group in percent of total N:

	Quantity of NH_2-group in initial wort	7.8%	
1	" " " after temperature action of + 8° C	9.8	Increase of NH_2-group 2.0%
2	" " " " " " " + 22 "	10.7	" " " " 2.9
3	" " " " " " " + 30 "	8.8	" " " " 1.0
4	" " " " " " " + 42 "	7.8	" " " " 0.0

As this table shows, the optimum temperature of growth for yeast cells of bottom fermentation is from +8 to +22° C, for with a further rise of temperature a noticeable depression in yeast growth is observed. It is interesting to note that the curve of amino-nitrogen increase is quite parallel to the curve of yeast increase, which also has its highest point at +22° C (see fig. 1, p. 586).

Experiment 2. 'Top fermentation' yeast

a) Yeast growth at various temperatures:

	Dry weight of yeast in initial wort	61.28 mg		
1	" " " after temperatures action of	+8°C . 64.90 "	Yeast increase .	4.65%
2	" " " " " " "	+22 " . 67.84 "	" "	9.06
3	" " " " " " "	+30 " . 67.94 "	" "	9.60
4	" " " " " " "	+42 " . 70.0 "	" "	12.6

b) Quantity of NH_2-group in wort under the influence of various temperatures in percent of total N:

	Quantity of NH_2-group in initial wort	8.0%	
1	" " " after temperature action of	+8°C . 8.07	Increase of NH_2-group 0.7%
2	" " " " " "	+22 " . 9.07	" " " " 1.07
3	" " " " " "	+30 " . 10.8	" " " " 2.8
4	" " " " " "	+42 " . 11.9	" " " " 3.9

The second experiment shows that the curves of the growth of the yeast cells and of the accumulation of amino-nitrogen are also parallel for this race. It is characteristic that yeast of top fermentation cultivated at the brewery at +20° C reacts somewhat differently to the action of high temperatures than that of bottom fermentation. The activity of the proteolytic ferments also increases, which leads to a considerable increase of amino-nitrogen content (see fig. 2, p. 586).

Therefore, on the basis of the above observations we can draw the following conclusions:

1) The optimum temperatures for the growth of yeast cells of the two races of *Saccharomyces cerevisiae* experimented on have been found according to expectations to be quite different.

2) Simultaneously with the increase in the dry weight of the yeast cells there occurs an increase in the accumulation of amino-nitrogen. It is characteristic that within the same temperature limits the curves for yeasts of top and bottom fermentation are also quite different.

3) This fact, confirming the data of the above quoted investigations, emphasizes the direct dependence of the dynamics of the protein complex upon temperature conditions and allows us to regard the energy of amino-nitrogen accumulation as an index of the organism's resisting powers to high temperatures.

Laboratory of Biochemistry and Plant Physiology
of the Academy of Sciences. Leningrad.

Received
9. V. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

[1] Н. А. Хлебникова. Известия Академии Наук, 1932; Известия комиссии по ирригации, 1934. N. Chlebnikova. Bull. de l'Acad. d. Sci. de l'URSS, 1932; Bull. of the Irrigation Commission, 1934.

ПАЛЕОНТОЛОГИЯ

Н. Н. ЯКОВЛЕВ

О НАХОДКЕ МУРМАНСКОГО РОДА *GYMNOSOLEN* В НИЖНЕМ КЕМБРИИ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

(*Представлено академиком А. А. Борисяком 4 V 1934*)

В последнее время мне было доставлено ископаемое из сборов Алдано-Селенгинской экспедиции инженера Нифонтова (коллектор Карагодин) с р. Угин, близ впадения ее в Алдан.

Фиг. 1. Продольный разрез *Gymnosolen sibiricus* n. sp.

Фиг. 2. Поперечный разрез

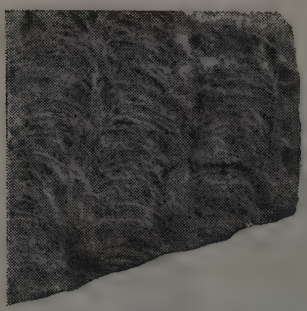
Это довольно большой кусок, похожий на колониальный коралл, с промежутками между ветвями, заполненными желтовато- или беловато-серым доломитизированным известняком.

Для меня сразу было ясно, что это ископаемое принадлежит к одному роду с описанным мною некогда *Gymnosolen* (1) из отложений острова Кильдина, по аналогии с соответствующими отложениями Норвегии, принятыми тогда за нижнесилурийские. Ранее эти отложения Кильдина у нас относились к девону или кембрию, но определение мною *Gymnosolen*, найденного на Кильдине впервые П. В. Виттенбургом и явившегося единственным остатком организмов в содержащей его толще, дало основание для причисления этих отложений к нижнему силуру, так как незадолго до этого *Gymnosolen* был найден в Норвегии в отложениях, аналогичных кильдинским литологически и отнесенных в Норвегии к нижнему силуру.

Восточносибирский *Gymnosolen* я выделяю в новый вид — *Gymnosolen sibiricus* n. sp. Повидимому этот же вид был найден на Подкаменной Тунгуске, о чем довел до моего сведения Р. Ф. Геккер, доставивший мне образец из коллекции Лопатина, находящейся в музее Академии Наук.

С. В. Обручев по данным неизданного дневника И. А. Лопатина сообщил мне о местонахождении следующее: образец № 412 экспедиции 1877 г. взят с правого берега р. Подкаменной Тунгуски выше нижнего

изголовья Большого Черного острова, около 75 км от устья реки, где ископаемое образует полусферический массив концентрического сложения около $3^1/_2$ метров высоты и 4—6 м длины. Е. В. Обручев относит этот горизонт к среднему ярусу силура, считая там всего 3 яруса. В последнее время Хольтедаль напечатал статью: „Additional Observations on the Rock Formations of Finnmark, Northern Norway“ (2), в которой он пересматривает вопрос о возрасте древнейших осадочных образований Скандинавии. Хольтедаль указывает, что налегание свиты с *Gymnosolen* на кембрий, давшее повод считать ее ранее за силур, теперь объясняется надвигом, так что рассматриваемая свита может быть докембрием или эокембрием. С. В. Обручев также допускает, что отложения на Тунгуске, в которых я установил присутствие *Gymnosolen*, могут принадлежать к кембрию, хотя лишь к верхнему (3). Наконец, наиболее определенным по возрасту, повидимому, является горизонт с *Gymnosolen*, описываемый здесь с притока Алдана. В. Н. Зверев, судя по характеру породы, и А. Г. Вологдин на основании археоциат, найденных если не в том же местонахождении, то поблизости, определенно, первый даже безусловно, высказываются за нижнекембрийский возраст.



Фиг. 3. Выветрелая поверхность в продольном разрезе. Нат. вел.

Конечно, *Gymnosolen*, как образование, возникшее в результате жизнедеятельности простых по организации водорослей *Schizophycae*, как принимается в последнее время (4), может иметь довольно большое вертикальное распространение, и притом виды его, хотя бы неодинакового возраста, могут мало разниться.

Gymnosolen sibiricus отличается от мурманского вида меньшим поперечником ветвей („ячеек“), максимум до 20 мм, тогда как у мурманского вида он бывает почти вдвое более. Куполообразные оконечности („днища“) ветвей при наростании их оказываются наоборот у алданского вида следующими одни за другими через меньшие промежутки, чем у мурманского вида. Сохранность экземпляров мурманского вида плохая, так что Хольтедаль был склонен относить эти образования к чисто минеральным, а не к органическим. Таким образом, *Gymnosolen* оказывается имел широкое географическое распространение.

Палеонтологическая станция
Центрального научно-исследовательского
геолого-разведочного института.

Поступило
4 V 1934.

PALÉONTOLOGIE

SUR UN ÉCHANTILLON DU GENRE *GYMNOSOLEN* TROUVÉ DANS LE CAMBRIEN INFÉRIEUR DE LA SIBÉRIE ORIENTALE

Par N. JAKOVLEV

(*Présenté par A. Borissiak, de l'Académie, le 4. V. 1934*)

RÉSUMÉ

L'espèce décrite, *Gymnosolen sibiricus* n. sp., provient de la rivière Aldane, affluent de la Léna. Notre espèce, en comparaison avec le *Gymnosolen* du Nord de l'Europe, a le diamètre des branches plus petit (maximum

20 mm), et les enveloppes de l'extrémité des branches moins espacées. L'âge des terrains sédimentaires du Nord de l'Europe, contenant une autre espèce de *Gymnosolen* est aujourd'hui déterminé par Holtedahl comme Eocambrien ou Cambrien inférieur. L'espèce de l'Aldane provient de l'assise à *Archaeocyathinae* du Cambrien inférieur. L'auteur détermine également comme *Gymnosolen sibiricus*, un échantillon de conservation défectueuse provenant de la rivière Toungouska, affluent du Iénisséi.

Station paléontologique de l'Institut scientifique central de Prospection géologique.

Manuscrit reçu le 4. V. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITTÉRATURE CITÉE

[1] П. В. Виттенбург и Н. Н. Яковлев. Известия Росс. Акад. Наук, 1922, стр. 359—368. [2] Holtedahl. Norsk Geologisk Tidskrift, Bd. XI, Hefte 3—4, 1932. Указанием на эту статью я обязан А. А. Полканову, который занялся этими вопросами в связи со своими исследованиями на Мурмане. [3] А. А. Полканов, В. К. Котульский и С. Ф. Малявкин. Проблема Кольского полуострова, Георазведиздат, 1933, стр. 18. [4] Hirmer. Handbuch d. Palaeobotanik, S. 36, 37.

ЗООЛОГИЯ

П. Ю. ШМИДТ и А. Я. ТАРАНЕЦ

О НОВЫХ ЮЖНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ В ФАУНЕ РЫБ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ЯПОНСКОГО МОРЯ

(*Представлено академиком С. А. Зерновым 26 III 1934*)

Природа ихтиофауны Японского моря очень сложна, так как в нем содержится не только большое число арктических и субарктических видов рыб, общих с Охотским и Беринговым морями и находящих свою южную границу распространения на более значительных глубинах Японского моря с их относительно низкими температурами воды, но и значительное количество видов рыб умеренной области, общих с берегами средней части Японии. Кроме того Г. У. Линдберг ([1]) показал, что в фауне рыб залива Петра Великого южные элементы представлены в таком количестве, какого трудно было ожидать, причем некоторые из этих видов субтропические, другие представляют собою обитателей берегов южной Японии.

За последние годы Тихоокеанский научный институт рыбного хозяйства и океанографии во Владивостоке, благодаря целому ряду экспедиций, предпринимавшихся в целях изучения фауны рыб и условий рыбного промысла, собрал обширный материал по распространению рыб в Японском море и, между прочим, получил целый ряд наблюдений над появлением рыб южного происхождения или известных до того лишь из южной части Японского моря, не только в заливе Петра Великого, но и в гораздо более северных частях этого моря. В этой короткой заметке мы имеем в виду привести некоторые наиболее интересные факты такого рода. Они значительно расширяют границы распространения южных видов рыб к северу.

Молоток-рыба (*Sphirna zygaena* L), обычная обитательница всех теплых морей, доходящая в Тихом океане у берегов Японии до Токио, а у американского побережья — до Калифорнии, была найдена у нас ранее в заливе Петра Великого ([2]). В 1932 г. она была поймана 12 сентября в бухте Датта, находящейся в Татарском проливе (49°17′ с. ш., 140°25′ в. д.); это был взрослый экземпляр, длиною в 650 мм.

Сайра (*Cololabis saira* (Brevoort) известная ранее лишь из Японии, где она встречается у Нагасаки и Токио, а также у острова Иессо (Хакодате, Аомори, Ава, Отару) (4), была отмечена затем у нас в заливе Петра Великого и в заливе Ольги (4). В 1933 г. П. Ю. Шмидт наблюдал большие стаи этой рыбы 11 августа у промысла Широкая Падь на западном берегу Сахалина (50°12′ с. ш., 142°10′ в. д.); экземпляры этой рыбы были также получены и с еще более северного пункта — с промысла Танге (около 51°40′ с. ш.).

Власохвост (*Trichiurus japonicus* Temminck et Schlegel), распространенный по берегам Японии и Кореи (Осака, Мисаки, Чиннампо, Фузан, Чемульпо) (5) и также встречающийся в заливе Петра Великого и в заливе Ольги, был пойман в ивасевые сети 12 сентября 1930 г. близ устья реки Нельмы (47°39′ с. ш., 130°5′ в. д.); это был взрослый экземпляр длиною в 910 мм.

Daicocus peterseni (Nyström) японская „летучая рыба" (хотя возникают большие сомнения, может ли она вообще летать), известная ранее лишь из Нагасаки и Мисаки (6), была поймана 16 октября 1933 г. близ острова Петрова, находящегося несколько севернее мыса Поворотного, который ограничивает на севере залив Петра Великого. Это был взрослый экземпляр длиною в 302 мм с формулою плавников *D* I, V, 8, *A* 6, *P* 30, *V* I, 4.

Ocynectes maschalis Jordan et Starks небольшой бычок, найденный ранее в Японии у Эношимы и Ваканоуры (7) был в большом количестве экземпляров собран П. Ю. Шмидтом 18—21 августа 1933 г. на рифах у Широкой Пади (50°12′ с. ш., 142°10′ в. д.) и у Трех Братьев около Александровска, на западном берегу Сахалина. Найденные экземпляры несколько отличаются от описания Джордана и Старкса тем, что имеют формулу *D* X, 16 и X, 18, а также *A* 13, тогда как южные, по описанию американских исследователей, имеют *D* IX, 13—14, *A* 10. Впрочем, Танака (10) нашел у экземпляров, добытых на южном Сахалине, в японских владениях, *D* IX, 17, *A* 13—14. У наших экземпляров наблюдается кроме того ниже боковой линии ряд ктеноидных чешуй в передней половине тела и несколько таких же чешуй на боках ниже грудных плавников. Во всех других отношениях наши экземпляры, вплоть до мельчайших деталей строения и окраски, совершенно совпадают с описанием. Сомнения, высказывавшиеся Снайдером (9), действительно ли северная форма является тем же видом, как южная, едва ли имеют основания, но возможно, что ее следует рассматривать как подвид.

Ocynectes modestus Snyder, известный ранее лишь из Саме в Японии (8), был найден одновременно с предыдущим видом в большом количестве экземпляров между рифами Широкой Пади и Александровска, у западного берега Сахалина. Он не отличается ни чем от описания.

Paralichthys olivaceus Temminck et Schlegel камбала, известная ранее с берегов Китая (Чифу, Амой, Нинпо, Гонгконг, Порт Артур) (11) и Японии, где она была отмечена из Нагасаки и Токио и доходит на север до Хакодате и Аомори (13). Несколько лет тому назад эта камбала была поймана в заливе Петра Великого, и в музее Тихоокеанского института хранятся два чучела этого вида длиною в 610 и 870 мм.

Kareius bicoloratus (Basilevsky) камбала, описанная из Северного Китая Базилевским и известная оттуда и Шантуна, Чифу, Порт-Артура, Чжили, Луан-сьена, Фенг-тьена и Хулутао (12). Она была затем найдена у берегов Кореи, в Гензане (15) и у берегов Японии — в Аомори, Отару, Саме, Матсушиме, Мороране и Хакодате (14). За последние годы ее не-

сколько раз находили в заливе Петра Великого (в бухте Патрокл 3 июля 1932 г. ее отметили Таранец и Фролова, на острове Путятине 18, 19 и 26 июня 1931 г. ее наблюдал Таранец, в бухте Манджур в 1931 г.—Волк).

Verasper moseri Jordan et Gilbert камбала, описанная с острова Итуруп (Курильские острова), была известна из северной Японии (Хакодате, Мороран, Саме) ([15]). В последнее время этот вид был найден в заливе Петра Великого, где добыт экземпляр длиною в 610 мм, хранящийся в музее Тихоокеанского института. Второй экземпляр был добыт М. Н. Кривобоком еще значительно севернее в заливе Де-Кастри, в Татарском проливе (51°25′ с. ш. 140°53′ в. д.).

Тихоокеанский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии. Владивосток.

Поступило 26 III 1934.

ZOOLOGY

ON THE NEW SOUTHERN ELEMENTS IN THE ICHTHYOFAUNA OF THE NORTHERN PART OF THE SEA OF JAPAN

By P. SCHMIDT and A. TARANEC

(Communicated by S. Zernov, Member of the Academy, 26 III 1934)

The nature of the ichthyofauna of the Sea of Japan is very complicated. It contains plenty of arctic and subarctic species common with the Okhotsk and the Bering Seas. The southern boundary of these species is in the deeper parts of the Japan Sea with their low temperatures of the water. There occur there also many species of fishes of the temperate region common with the coasts of the middle part of Japan. Moreover it was shown in 1928 by G. J. Lindberg ([1]) that an unexpectedly large proportion of southern elements is represented in the ichthyofauna of the Peter the Great Bay, some of them being even subtropic, others representing the inhabitants of the coasts of Southern Japan.

During the last years the Pacific Scientific Institute of Fisheries and Oceanography at Vladivostok has collected through its numerous expeditions for the study of fishes and fisheries many observations on the distribution of fishes in the Sea of Japan, some of these observations showing that species of fishes of southern provenience or known only from the southern parts of the Sea of Japan are sometimes met with even in the more northern parts of the Sea of Japan, as the Peter the Great Bay. We are publishing in this short note some of such most interesting observations, which extend considerably to the north the boundaries of the geographical distribution of the southern species.

Sphirna zygaena L, the hammer-headed shark, inhabiting all the warm seas, reaching in the Pacific on the Japanese coasts to Tokyo and on the American coasts to California and known before on our coasts only from the Peter the Great Bay ([2]), was found September 12, 1932, in the Datta Bay (49° 17′ N, 140° 25′ E, Tartar Strait). It was an adult specimen, 650.0 mm long.

Cololabis saira (Brevoort) known from Hagasaki and Tokyo, as well as from North Japan (Hakodate, Aomori, Awa, Otaru) ([4]), found before on our coasts only in the Peter the Great and Olga Bays ([3]), observed by the senior author August 11, 1933, in large shoals on the western coast of Sakhalin Island at Shirokaya Pad (50° 12′ N, 142° 10′ E); specimens of this fish were received also from Tangue, a more northern point on the same coast (about 50° 40′ N).

Trichiurus japonicus Temminck et Schlegel, distributed on the coasts of Japan and Corea (Osaka, Misaki, Chinnampo, Fusan, Chemulpo) (5) and known before from the Peter the Great Bay and Olga Bay, was found September 12, 1930, near the mouth of the Nelma River (47° 39′ N, 139° 5′ E); a specimen 910.0 mm long was caught there with a sardine net.

Daicocus peterseni (Nyström). The Japanese 'flying gurnard' (it is highly improbable, however, that it realy can fly), known before only from Nagasaki and Misaki (6), was found October 16, 1933, off the Petrov Island (north of Cape Povorotny, which borders from the north the Peter the Great Bay). It was an adult specimen 302.0 mm long with the fin formula: *D* I, V, 8; *A* 6; *P* 30; *V* I, 4.

Ocynectes maschalis Jordan et Starks, a small sculpin found before only in Japan at Enoshima and Wakanoura (7), was collected in many samples by the senior author August 18—21, 1933, between the reefs near the shore at Shirokaya Pad [50° 12′ N, 142° 10′ E) on the western coast of the Sakhalin Island and on the reefs of the Three Brothers Rocks near Alexandrovsk. It departs from descriptions only in having *D* X, 16 and *D* X, 18 and *A* 13, while the southern specimens, described by Jordan and Starks, had *D* IX, 13—14, *A* 10. But Tanaka (10) found this species on the Japanese southern Sakhalin with *D* IX, 17, *A* 13—14. Our specimens have also a row of ctenoid scales in the anterior half of the body below the lateral line and some scales below pectoral fins on the sides. In all the other minute details of structure and coloration our specimens answer the description, and it seems that doubts expressed by J. O. Snyder (9) whether the northern form really belongs to the same species, are unfounded; it is possible, however that it must be regarded as a subspecies.

Ocynectes modestus Snyder, known before (8) only from Same (Japan), was found in numbers simultaneoulsly with the preceding species between the reefs of Shirokaya Pad and Alexandrovsk on the western coast of the Sakhalin Island. It does not depart from the description.

Paralichthys olivaceus Temminck et Schlegel, a flatfish known before from the coasts of China (Chefoo, Amoy, Ningpo, Port-Arthur, Hongkong) (11) and Japan, where it has been found from Nagasaki and Tokyo to Hakodate and Aomori in the north (13), was collected some years ago in the Peter the Great Bay, and two stuffed specimens 870.0 and 610.0 mm long are in the possession of the Museum of the Pacific Scientific Institute of Fisheries.

Kareius bicoloratus (Basilevsky), a flatfish described from the North China, where it has been found in Shantung, Chefoo, Port Arthur, Chili, Luan-Hsien, Fengtien, Hulutao (12), in Corea (Gensan) (16) and distributed along the coasts of Japan to Aomori, Otaru, Same, Matsushima, Mororan, and Hakodate (14). During the last years it has been found many times in the Peter the Great Bay (Patrocles Bay, July 3, 1932, by Taranec and Frolova, Putiatin Island, June 18, 19, 26, 1931, by Taranec, Mandshur Bay, 1931, by Volk).

Verasper moseri Jordan et Gilbert, described from the Iturup Island (Kurile Islands) and known from North Japan (Hakodate, Mororan, Same) (15), has been found in the Peter the Great Bay. A specimen 610.0 mm long is kept in the Museum of the Pacific Scientific Institute of Fisheries. A second specimen was found by M. Krivobok, September 14, 1930, in De-Castries Bay in the Tartar Strait (51° 25′ N, 140° 53′ E).

Pacific Scientific Institute
of Fisheries and Oceanography.
Vladivostok.

Received
26. III. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

[1] G. Lindberg. C. R. de l'Acad. d. Sci. de l'URSS, 1928, pp. 529—534. [2] В. К. Солдатов и Г. У. Линдберг. Бюлл. Тих. н. инст. рыб. хоз., V, стр. 10, 1930. V. Soldatov and G. Lindberg. Bull. Pac. Sci. Inst. Fish., V, p. 10, 1930. [3] Ibidem, p. 93. [4] D. S. Jordan and E. C. Starks. Proc. U. S. Nat. Mus., v. XXVI, p. 587, 1903. [5] D. S. Jordan and Metz. Mem. Carn. Mus., v. VI p. 27, 1913. [6] D. S. Jordan and R. E. Richardson. Proc. U. S. Nat. Mus., v. XXXIII, p. 667, 1908. [7] D. S. Jordan and E. C. Starks. Proc. U. S. Nat. Mus., v. XXVII, p. 308, 1904. [8] J. O. Snyder. Proc. U. S. Nat. Mus., v. XL, p. 539, 1911. [9] J. O. Snyder. Proc. U. S. Nat. Mus., v. XLII, p. 432, fig. 34, 1912. [10] Tanaka. Annot. Zool. Japan, v. VI, part 4, p. 249, 1908. [11] Y. T. Chu. Biol. Bull. St John's Univ., No 1, p. 91, 1931. [12] Ibidem, p. 92. [13] D. S. Jordan and E. C. Starks. Proc. U. S. Nat. Mus., v. XXXI, p. 180, 1906. [14] Ibidem, p. 220. [15] Ibidem, p. 185. [16] П. Ю. Шмидт. Рыбы восточных морей России, Изд. Геогр. общ., стр. 243. P. Schmidt. Fishes of the Eastern Seas of Russia, p. 243.

ЗООЛОГИЯ

И. В. КОЖАНЧИКОВ

РОЛЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В КУКОЛОЧНОМ РАЗВИТИИ ОЗИМОЙ СОВКИ (*AGROTIS SEGETUM* SCHIFF.) И МЕЛЬНИЧНОЙ ОГНЕВКИ (*EPHESTIA KÜHNIELLA* ZELL.)

(*Представлено академиком С. А. Зерновым 26 III 1934*)

Настоящее сообщение касается вопроса влияния температуры в процессе куколочного развития озимой совки и мельничной огневки, наличия количественных изменений в затрачиваемой энергии при той или иной температуре и зависимости между образованием половых продуктов у imago. С другой стороны, эти исследования затрагивают и другой, не менее важный вопрос, связывая его с вопросами энергетики развития, — это смертность в процессе развития куколок при той или иной температуре.

Здесь я привожу только одну влажность воздуха для каждого вида, ту, которая, по моим исследованиям, оказалась наиболее близкой к оптимуму. Таким образом, это исследование касается только влияния температуры на изменение течения процесса развития и, естественно, связывается с терморегуляторной реакцией. Последняя здесь мною не разбирается.

Исследование расхода кислорода в процессе развития куколок производилось по методу Крога, причем в случае исследования куколок мучной огневки вследствие малой величины объекта для работы брались три куколки; исследование озимой совки производилось индивидуальное. Для исследования брались насекомые в течение каждых суток (в случае больших длительностей через сутки или двое), и определение кислорода производилось в условиях той же температуры (в водяной бане), при которой протекало развитие насекомых. Исследование на процент смертности производилось в камерах политермостата обычным образом.

Вопреки мнению Крога (1914) об одинаковом количестве затрачиваемой энергии в процессе развития при той или иной температуре, мною получена большая разница в количестве затрачиваемой энергии при разных температурх, что хорошо связывается с изменениями в яйцепродукции и вымирании насекомых. Это иллюстрируют таблицы 1—4.

Таблица 1—Tabelle 1

Температура Temperatur	Длительность развития (сутки) Entwickelungsdauer	Количество объектов Zahl der versuchsobjekte	Смертность % Sterblichkeit %	Яйцепродукция: количество яиц Eierproduktion	
				Отложенных Abgelegt	Неотложенных Nachgeblieban
17.1 (16.9—17.3)	29—36	23	30.8	815 (102—1088)	28 (10—27)
19.0 (18.8—19.4)	28—20	46	3.3	525 (120—960	136 (3—360)
23.0 (22.9—23.3)	12—18	46	8.7	345 (0—849)	175.3 (10—330)
29.0 (29.0—29.0)	10—13	47	6.1	110.2 (0—332)	244.5 (5—517)
30.5 (30.1—31.0)	8—12	41	54.4	55.8 (0—370)	115.5 (0—215)
33.8 (33.5—34.2)	10—15	21	Около 100	?	?

Яйцепродукция представляет количество яиц, откладываемых одной самкой (в скобках указаны колебания).

Сопоставление энергетических процессов при различных температурех с этими данными представляется для озимой совки в следующем виде.

Таблица 2 — Tabelle 2

Температура Temperatur	Кислород в $см^3$ за все развитие Sauerstoff in cm^3 pro 1 g für die Entwickelung	Время развития (сутки) Entwickelungsdauer in Tagen	Расход энергии за все развитие Energieverbrauch während der Entwickelung	Расход кислорода за сутки Sauerstoffverbrauh pro 1 Tag und 1 Gramm
15.7	188.6	39	950.0	5.0
20.6	145.2	21	728.8	6.8
22.0	186.0	17	899.2	10.8
25.8	155.4	13	808.4	11.8
29.6	136.2	13	637.8	10.4
32.3	113.1	8	546.6	14.0
34.1	166.4	13	803.6	12.8

Исследование газообмена производилось для обоих объектов с экспозицией в 15 минут. Расчет расхода энергии сделан (из полученных дыхательных коэффициентов — 0.83—0.72 и ниже) по средним цифрам для кислорода, принимая один литр эквивалентным 4.83 большим калориям.

Для огневки эти же данные могут быть приведены в следующем виде:

Таблица 3 — Tabelle 3

Температура Temperatur	Количество объектов Zahl der objekte	Длительность развития Entwickelungsdauer in Tagen	Смертность % Sterblichkeit %	Яйцепродукция: число яиц Eierproduktion (Zahl der Eier)	
				Отложенных Abgelegt	Оставшихся Nachgeblieben
35.0 (34.8—35.3)	34	8—11	76	14 (0—40)	197 (11—180)
32.7 (32.5—33.0)	97	6—12	51	18 (0—98)	85 (48—105)
30.9 (30.8—32.1)	14	7—10	7	155 (62—278)	61 (4—104)
29.9 (29.7—30.1)	77	7—11	16	55 (0—311)	88 (2—156)
26.0 (25.7—26.3)	97	6—13	14	44 (0—222)	79 (0—167)
24.0 (23.8—24.1)	53	9—13	2	88 (0—205)	58 (0—158)
22.9 (22.7—23.1)	117	8—15	18	64 (0—245)	69 (0—179)
22.3 (22.1—22.5)	67	10—14	20	48 (0—337)	106 (2—204)
21.4 (21.3—21.6)	37	13—15	14	38 (0—205)	99 (0—274)
17.2 (17.0—17.5)	59	21—27	69	75 (18—276)	18 (0—72)
14.6 (14.5—14.7)	30	41—53	53	87 (11—174)	18 (2—48)
9.9 (12.8—7.0)	50	Около 150(?)	100	?	?

Энергетические процессы исследовались при меньших комбинациях, именно:

Таблица 4 — Tabelle 4

Температура Temperatur	Кислород в см³ за все развитие Sauerstoff pro Entwickelung und 1 g	Расход энергии за развитие Energieverbrauch pro Entwickelung	Время развития (сутки) Entwickelungsdauer in Tagen	Расход кислорода на 1 г за 1 сутки Sauerstoffverbrauch pro 1 g und Tag
34.5 (36.0—33.5)	665.4	3205.2	8 (10)	83.0
30.0 (28.0—31.0)	320.0	1546.2	9	35.4
25.0 (24.0—25.5)	330.0	1593.8	12	27.4
19.8 (17.0—21.0)	176.8	853.8	17	10.4
16.2 (19.6—14.2)	243.2	1175.2	27	9.0
13.5 (12.5—14.2)	350.4	1692.4	42	8.4
9.9 (12.8—7.0)	393.9	1902.5	101 (погибли)	3.9

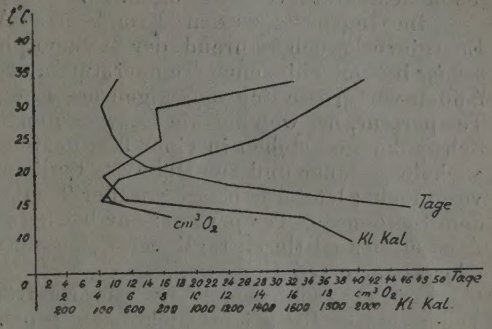
Из этих таблиц прежде всего следует, что при развитии в условиях разных температур и одной влажности (для совки 80% и для мучной огневки 60%) имеет место зависимость между процентом смертности и количеством откладываемых взрослыми насекомыми яиц. Эта зависимость показывает, что при некоторых температурах (оптимальных?), для *Ephestia* лежащих при 22—24° С, а для *Agrotis* при 20°, наблюдается наибольший процент выживания насекомых при развитии куколок. С другой стороны, количество поглощенного кислорода в процессе развития в условиях этих температур всегда несколько снижено по сравнению с окружающими. Таким образом, термический оптимум можно физиологически характеризовать как область со сниженным количеством затрачиваемой энергии в процессе развития.

Тем не менее в отношении яйцепродукции следует заметить, что для обоих объектов наблюдено увеличение половой продукции при понижающейся температуре, хотя здесь отмечается повышение количества расхода энергии за все развитие. Таким образом, хотя смертность при этих термических условиях и увеличивается, что может быть позволительно связать с увеличенным расходом энергии, тем не менее оставшиеся в живых насекомые имеют высокую яйцепродукцию.

С другой стороны, бросается в глаза из сопоставления цифр, что минимум расхода энергии в случае озимой совки совпадает не с оптимумом в вышеизложенном смысле, но с кратчайшим периодом развития, следовательно, с наиболее высокими ритмами развития. Своеобразно также и то, что в обоих случаях для этих температур (около 30°) процент смертности снижен; таким образом, этот второй момент связан хотя и с наименьшей затратой общего количества энергии, тем не менее и со

сниженной яйценродукцией. Смертность однако в этом случае может быть весьма малой (для мельничной огневки).

Сопоставление этих моментов между собою приводит к следующему выводу зависимости расхода энергии от физиологического состояния организма в случае его развития при разных температурах. Пониженный процент смертности совпадает с теми условиями температуры, где происходит снижение общего расхода энергии за развитие; это может быть прежде всего при наинизшем относительном расходе его (в случае отсутствия терморегуляции) или в случае чрезвычайно высоких ритмов, хотя и при наличии высокого относительного расхода кислорода (см. фигуру). Что касается половой продукции, то здесь наблюдается зависимость между ритмом развития и, следовательно, количеством затрачиваемой энергии в единицу времени. При наинизших (?) ритмах наблюдается наименьший расход энергии в единицу времени и наибольшая половая продукция в сумме.



Лаборатория экологии насекомых
Всесоюзного института защиты растений
Академии сельскохозяйственных наук
им. В. И. Ленина.

Поступило
26 III 1934.

ZOOLOGIE

DIE ROLLE DES ENERGIEUMSATZES WÄHREND DER PUPPENMETAMORPHOSE VON *AGROTIS SEGETUM* SCHIFF. UND *EPHESTIA KÜHNIELLA* ZELL.

Von I. KOŽANČIKOV

(*Vorgelegt von S. Zernov, Mitglied der Akademie, d. 26. III. 1934*)

Vorliegender Aufsatz behandelt die Beziehung zwischen der Grösse des Energieverbrauchs und der Mortalität während der Entwickelung der Puppen von *Agrotis segetum* Schiff. und *Ephestia kühniella* Zell. bei verschiedenen Temperaturen, und die Eierproduktion der ausgeschlüpften Schmetterlinge. Die Untersuchung des Temperatureinflusses wurde mit Hilfe von Polythermostatkammern durchgeführt; bei der Messung des Sauerstoffverbrauchs der Puppen benutzten wir die Kroghsche Methodik.

Der Zusammenhang zwischen der Grösse des Sauerstoffverbrauchs während der Entwickelung, der Eierproduktion und dem Mortalitätskoeffizienten der Puppen ist aus den Tabellen 1—4 (S. 596—598) ersichtlich. Die Temperaturen bedeuten die Mittelwerte der mittleren Temperaturen der einzelnen Objekte; die Schwankungen der Temperaturen sind bei jedem Versuche in Klammern angegeben.

Die Zahlen der Eier bezeichnen die abgelegten, sowie die im Eierstock gebliebenen, pro ein Weibchen berechnet. Die Menge des Sauerstoffs ist für die ganze Entwickelungsdauer nach den täglichen Versuchen ausgerechnet und für die mittlere Grösse des täglichen Sauerstoffverbrauchs für jeden Temperaturversuch angeführt.

Im Gegensatz zu den Kroghschen Angaben über den konstanten Energieverbrauch während der Metamorphose der Puppen von *Tenebrio molitor* bei verschiedenen Temperaturen, der etwa 396 kl. Kal. beträgt, fanden wir grosse Schwankungen des Energieverbrauchs in Beziehung zur Temperatur, bei welcher die Entwickelung der Puppen stattfand. Diese Schwankungen stehen in einer bestimmten Beziehung zur Länge der Entwickelungsdauer und zur Höhe des täglichen (bezw. stündlichen) Sauerstoffverbrauchs; letzterer hängt von der Temperatur ab. Er steigt parallel mit dem Steigen der Temperatur; nur bei höheren Temperaturen erfährt der Anstieg des mittleren täglichen Sauerstoffverbrauchs eine Verlangsamung oder sogar einen Umschlag.

Die gesamte Menge des absorbierten Sauerstoffs ist bei niedrigen Temperaturen für beide Objekte sehr gross. Mit dem Steigen der Temperatur vermindert sich diese Menge beträchtlich und erreicht ein Minimum bei der Temperatur von 20°. Während der Entwickelung bei höheren Temperaturen vergrössert sich die gesamte Menge der absorbierten Sauerstoffs wieder, obgleich die Dauer der Entwickelung sich ziemlich stark verkürzt. Dieses erste Minimum trifft mit dem niedrigsten Stande der Sterblichkeit der Puppen zusammen.

Dieser Temperaturbereich umfasst also Entwickelungsrhythmen, bei welchen der niedrigste relative Sauerstoffverbrauch mit der relativ kürzesten Entwickelungsdauer zusammentrifft. Eine weitere Erhöhung der Entwickelungsrhythmen führt zu einem stärkeren Anstiege des relativen Sauerstoffverbrauchs, welcher durch die Verkürzung der Entwickelung nicht kompensiert wird. Dies führt zur Steigerung der gesamten Menge des verbrauchten Sauerstoffs (siehe Abbildung).

Das zweite Minimum der gesamten Menge der verbrauchten Energie wird, trotz des höchsten relativen Sauerstoffverbrauchs, bei der kürzesten Entwickelungsdauer erreicht. In diesem Falle ist die Mortalität der Puppen während der Metamorphose wieder vermindert.

Daraus kann man den Schluss ziehen, dass das Absterben der Tiere an erster Stelle durch die gesamte Menge der während der Metamorphose verbrauchten Energie bedingt wird. Was die Eierproduktion anbetrifft, so vermindert sich die Zahl der Eier parallel mit dem Steigen der Temperatur. In diesem Falle spielt der relative Energieverbrauch die Hauptrolle; bei hohen Rhythmen, wenn der Energieverbrauch stark zunimmt, wird die Eierproduktion geringer.

Laboratorium für Insekten-Ökologie des Instituts für Pflanzenschutz der Leninschen Akademie der Landwirtschaftlichen Wissenschaften.

Eingegangen d. 26. III. 1934.

Поправка. В сообщении Н. С. Коштякова (ДАН, 1934, т. II, № 7) на стр. 403 в формуле [18] вместо $\int_0^1 u^2 \left\{ \int_0^\infty x J_0(2\pi nux)\, dx + \frac{1}{8\pi^2 nu} \right\}$ и т. д. следует

$$\int_0^1 u^2 \left\{ \int_0^\infty x J_0(2\pi nux)\, \sigma(x)\, dx + \frac{1}{8\pi^2 nu} \right\} \text{ и т. д.}$$